ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

"Visualización de señales eléctricas para las prácticas de Laboratorio de Maquinaria Eléctrica utilizando el software LabView"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉTRICO CON ESPECIALIZACIÓN EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Presentada por:

Julio Andrés Emén Sánchez

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2004

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN..... II

INDICE GENERAL..... III

INDICE DE FIGURAS.....

INDICE DE TABLAS.....

INDICE DE ESQUEMÁTICOS.....

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO 1

1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN LABVIEW..... 3

1.1. Descripción de LabView..... 3

1.1.1. ¿Qué es LabView?..... 3

1.1.2. Funcionamiento de LabView..... 5

1.2. Recursos de LabView..... 7

1.3 ActiveX..... 11

1.4 Adquisición de datos..... 15

CAPITULO 2

2. MICROCONTROLADOR PIC 16F877A..... 19

2.1. Características del PIC 16F877A..... 19

2.2. Función del PIC en la aplicación..... 39

2.3. Recursos del PIC 16F877A..... 41

2.4. Detalles importantes del diseño con el PIC..... 52

2.5. Programación del PIC..... 53

CAPITULO 3

3. HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS..... 55

3.1. Descripción del sistema de adquisición de datos..... 55

3.2. Características y configuración del conector SCXI-1327..... 57

3.3. Características y Configuración del Chasis SCXI-1000..... 60

3.4. Características y Configuración del módulo SCXI-1120..... 61

3.5. Características de la Tarjeta de adquisición de datos

PCI-6024E..... 63

CAPITULO 4

4. INSTALACIÓN DE LOS CONTROLADORES (DRIVERS) Y

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA..... 65

4.1. Instalación de los controladores..... 65

4.2. Generalidades de los controladores..... 67

4.3. Canales Virtuales (Virtual Channels)..... 69

4.3.1. Generalidades..... 69

4.3.2 Configuración..... 70

CAPITULO 5

5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN..... 74

5.1 Tarjeta de Control del Grupo Motor-Generador KATO..... 74

5.1.1. Descripción y objetivo de la tarjeta..... 74

5.1.2. Esquemático de la tarjeta..... 80

5.1.3. Descripción de los componentes..... 87

5.1.4 Costo de la tarjeta..... 90

5.2. Comunicación PC-PIC..... 91

5.2.1. Interfase RS-232..... 91

5.2.2. Protocolo de comunicación..... 96

5.2.2.1. Comandos de configuración..... 97

5.2.2.2. Comandos de operación..... 99

5.3. Programa en LabView..... 103

5.3.1. Explicación de las variables usadas..... 103

5.3.2. Explicación del programa..... 106

CAPITULO 6

6. MANUALES DEL USUARIO..... 109

6.1. Manual de usuario para la tarjeta de control..... 109

6.2. Manual de usuario para las aplicaciones de LabView..... 119

CAPITULO 7

7. CIRCUITOS EQUIVALENTES DE LAS MAQUINAS ELECTRICAS..... 140

7.1. Ecuaciones para calcular los circuitos equivalentes..... 140

7.1.1. Generalidades de los circuitos equivalentes..... 140

7.1.2. Circuito equivalente del motor AC trifásico KATO..... 141

7.2. Pantallas de LabView para las diferentes pruebas..... 147

CAPITULO 8

8. MONITOREO DE SEÑALES..... 154

8.1. Pantallas de adquisición de datos..... 154

8.2. Análisis de las señales adquiridas..... 158

CAPITULO 9

9. BASE DE DATOS..... 162

9.1. Objetivos..... 162

9.2. Estructura de la base de datos..... 164

CAPITULO 10

10. SOFTWARE DE LA APLICACIÓN..... 167

10.1. Programa en Assembler para el PIC..... 167

10.2. Programa en LabView..... 218

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 388

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 1.1 Funciones del puerto serial..... 9
Figura 1.2 Funciones de ActiveX..... 13
Figura 1.3 Funciones de adquisición de datos..... 16
Figura 2.1 Empaquetados de los microcontroladores..... 21
Figura 2.2 Distribución de los pines del PIC16F877A..... 27
Figura 2.3 Diagrama de bloques del PIC..... 28
Figura 2.4 Ciclo de instrucción..... 30
Figura 2.5 Registro STATUS..... 32
Figura 2.6 Memoria de programa..... 33
Figura 2.7 Memoria de datos..... 38
Figura 2.8 Diagrama de bloques del TMR0..... 44
Figura 2.9 Registro OPTION_REG..... 45
Figura 2.10 Diagrama de bloques del transmisor del USART..... 47
Figura 2.11 Diagrama de bloques de receptor del USART..... 47
Figura 2.12 Registro RCSTA..... 49
Figura 2.13 Registro TXSTA..... 50
Figura 2.14 Instrucciones para la programación del PIC..... 54
Figura 3.1 Estructura del sistema..... 57
Figura 3.2 Conector SCXI-1327..... 59
Figura 4.1 NI-DAQ driver..... 68
Figura 5.1 Sistema de control y fuerza..... 78
Figura 6.1 Mensaje inicial..... 110
Figura 6.2 Función de las botoneras..... 110
Figura 6.3 Menú modo de operación..... 111
Figura 6.4 Tipo de arranque..... 113
Figura 6.5 Tipo de conexión..... 114
Figura 6.6 Conexión de las bobinas..... 114
Figura 6.7 Tiempo para la resistencia de cambio de giro..... 114
Figura 6.8 Sentido de giro..... 115
Figura 6.9 Mensaje final..... 115
Figura 6.10 Desconexión de R1..... 116
Figura 6.11 Cambio Ye-Delta..... 117
Figura 6.12 Mensaje de error..... 117
Figura 6.13 Pruebas para el motor AC KATO..... 120
Figura 6.14 Resistencia del estator..... 121

Figura 6.15 Prueba de rotor bloqueado..... 122
Figura 6.16 Prueba de vacío..... 124
Figura 6.17 Circuito equivalente por fase..... 125
Figura 6.18 Configuración de la máquina AC..... 126
Figura 6.19 Definición de tiempos..... 128
Figura 6.20 Pantalla de contactores..... 131
Figura 6.21 Visualización de señales..... 134
Figura 6.22 Análisis de los voltajes de línea..... 136
Figura 6.23 Análisis de potencia..... 137
Figura 6.24 Record de ondas..... 138
Figura 7.1 Circuito equivalente final..... 141
Figura 7.2 Circuito equivalente del motor con el rotor bloqueado..... 143
Figura 7.3 Circuito equivalente del motor en vacío..... 146
Figura 7.4 Pruebas para el motor AC..... 148
Figura 7.5 Resistencia del estator..... 149
Figura 7.6 Valor de resistencia inválido..... 149
Figura 8.1 Diagrama de bloques para la adquisición de datos..... 155
Figura 8.2 AI Acquire Waveforms.vi..... 156

INDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1 Capacitores recomendados…….. 23
Tabla 2 Selección de bancos..... 36
Tabla 3 Puertos del PIC..... 41
Tabla 4 Configuración de los pines del PIC..... 42
Tabla 5 Configuración de los puertos de Entrada/Salida..... 42
Tabla 6 Asignación de señales..... 58
Tabla 7 Ganancia de los canales..... 62
Tabla 8 Configuración de los canales virtuales..... 73
Tabla 9 Comandos de configuración..... 98
Tabla 10 Comandos de operación..... 100

BIBLIOGRAFÍA

1. Chapman , Stephen, Máquinas Eléctricas, Segunda Edición, Grupo Editorial Mc. Graw-Hill.

2. Página oficial de National Instruments, http//ni.com

3. Página oficial de Microchip, http//microchip.com

INDICE DE ESQUEMÁTICOS

Pag.

Esquemático 1 Interfaz de entrada..... 80
Esquemático 2 Borneras..... 81
Esquemático 3 Interfaz de salida (1)..... 82
Esquemático 4 Microcontrolador..... 83
Esquemático 5 Interfaz de salida (2)..... 84
Esquemático 6 Circuito de fuerza..... 85
Esquemático 7 Bloque Terminal SCXI-1327..... 86

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo titulado “Visualización de señales eléctricas para las prácticas del Laboratorio de Maquinaria Eléctrica utilizando el software LabView” ha sido implementado para ofrecer a los profesores y estudiantes una alternativa para el desarrollo de las prácticas que se realizan en el mencionado laboratorio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación.

Para el desarrollo de este proyecto de tesis se utilizaron dispositivos de National Instruments (NI) y el software “LabView 7” que pertenece también a NI. Se eligieron los dispositivos de NI debido a que el Laboratorio de Maquinaria Eléctrica de la FIEC ya contaba con ellos y eran adecuados para la implementación del proyecto; junto a los dispositivos de NI se utilizaron otros elementos como son: un tacogenerador, tres shunts, un cable trifásico, dos tomas trifásicas, dos enchufes trifásicos, entre otros, los cuales en su mayoría se encontraban en la bodega del laboratorio. Todo lo mencionado forma parte del sistema de monitoreo del proyecto, para el sistema de control se utilizaron: doce contactores con un contacto auxiliar cada uno, una tarjeta de control (diseñada para el proyecto), doce resistencias de alta potencia y un cable de comunicación serial (RS-232). Se diseñó una tarjeta de control para darle independencia al sistema de control del sistema de monitoreo, por

CAPITULO 3

3. HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

3.1 Descripción del sistema de adquisición de datos.-

El sistema de adquisición de datos tiene como principal objetivo adquirir, acondicionar y convertir las señales eléctricas en valores numéricos que sirvan para el análisis de dichas señales y el cálculo de parámetros basados en dichas mediciones.

El sistema de adquisición de datos está formado por varios elementos:

1.- Sensores o Transductores.

2.- Acondicionador de Señal.

3.- Tarjeta de Adquisición de datos.

Sensores.- Se utilizaron pocos sensores, uno para la velocidad (tacogenerador) y uno para cada corriente de línea (shunts).

Acondicionador de Señal.- Está formado por un conector SCXI-1327, un chasis SCXI-1000 y un módulo de entradas análogas SCXI-1120. La función del acondicionador de señal es filtrar el ruido y convertir las señales eléctricas a voltajes bajos que puedan ser aceptados por la tarjeta de adquisición de datos. Cada parte del acondicionador de señal tiene una función diferente que serán explicadas más adelante.

Tarjeta de Adquisición de datos.- Es el elemento encargado de muestrear las ondas y convertirlas a digital para su posterior análisis. La tarjeta de adquisición de datos que se usa en la aplicación es la PCI-6024E. En la figura 3.1 se muestra la estructura del sistema de adquisición de datos.

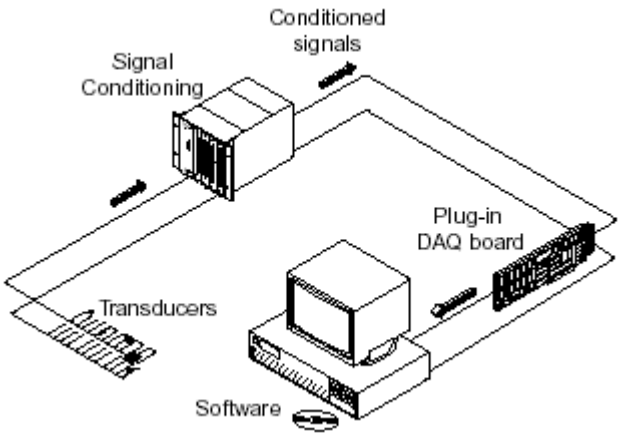


Figura 3.1, Estructura del sistema.

3.2 Características y Configuración del Conector SCXI-1327.-

Características:

1.- Es un conector de 8 canales.

2.- Posee atenuadores de voltaje de 100:1

3.- Posee un sensor de temperatura incorporado.

4.- Voltaje máximo entre canales 300 Vrms.

Configuración: Cada canal posee un atenuador de voltaje de 100:1, los cuales se pueden habilitar o deshabilitar moviendo los switches que se encuentran a la entrada de las señales. En la aplicación se

habilitaron los atenuadores de los canales correspondientes a los voltajes de línea (canal 0, canal 1 y canal 7) y el resto de atenuadores se deshabilitaron de manera que en los demás canales las señales pasan de 1:1,o sea sin atenuación.

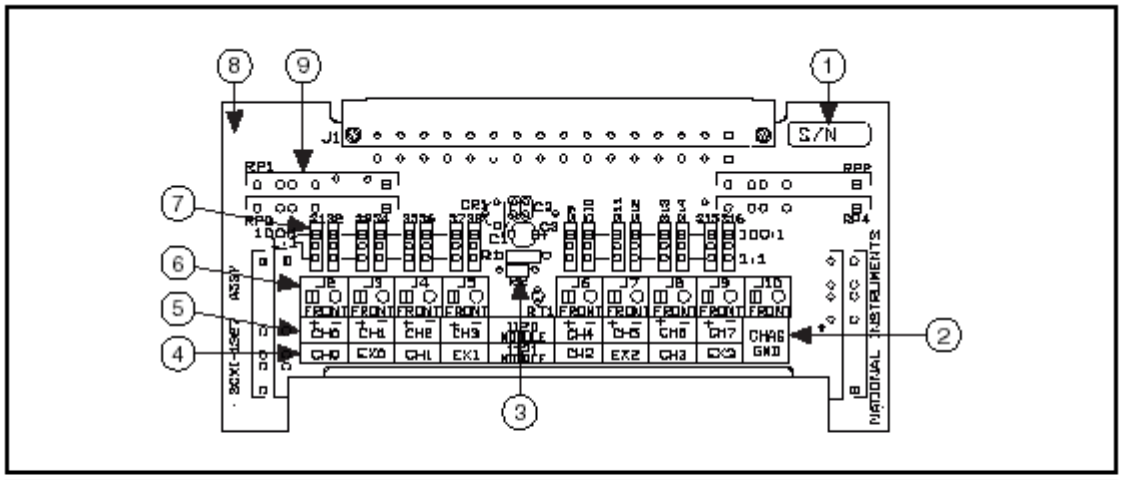
Las señales que se asignaron a cada canal se muestran la tabla 6.

CANAL	SEÑAL	ATENUACIÓN
Cero	Voltaje AB	100 a 1
Uno	Voltaje BC	100 a 1
Dos	Corriente A	1 a 1
Tres	Corriente B	1 a 1
Cuatro	Corriente C	1 a 1
Cinco	Velocidad	1 a 1
Seis	Voltaje DC	100 a 1
Siete	Voltaje CA	100 a 1

Tabla 6, Asignación de señales.

Este conector o bloque terminal es el enlace entre los sensores y el módulo de acondicionamiento de señales SCXI-1120.

La figura 3.2 ilustra el conector SCXI-1327 por dentro.



1 Serial Number	6 Screw Terminals
2 Chassis Ground	7 Switches to Enable or Bypass the Attenuator
3 Thermistor	8 Product Name, Assembly Number, and Revision Letter
4 Channel Labeling for the SCXI-1121	9 Voltage Dividers
5 Channel Labeling for the SCXI-1120, SCXI-1120D, SCXI-1125, SCXI-1126	

Figura 3.2, Conector SCXI-1327

3.3 Características y Configuración del Chasis SCXI-1000.-

Características:

1.- Es un chasis de 4 ranuras.

2.- Se alimentan con 120 Vac.

3.- Suministra un ambiente bajo en ruido para el acondicionamiento de señales.

4.- Sirve para los módulos antiguos y futuros.

Configuración: Este chasis sirve para la conexión de hasta 4 módulos acondicionadores de señal, lo cual nos permite ampliar la cantidad y variedad de entradas que tiene la tarjeta de adquisición de datos. El chasis posee una dirección que puede ser cambiada (es configurable) para que el sistema pueda identificarlo, se pueden conectar varios chasis con varios módulos acondicionadores para estructurar un sistema más grande y complejo donde cada chasis tiene una dirección y cada módulo de cada chasis también posee una dirección, por ejemplo: chasis 3 módulo 2. Para la aplicación sólo se usa un chasis con un módulo, por lo tanto no se necesitan asignar direcciones específicas.

3.4 Características y Configuración del módulo SCXI-1120.-

Características:

1.- Posee 8 canales de entrada aisladas.

2.- Acondiciona señales de diferentes tipos:

a.- Termocuplas.

b.- Fuentes de voltios y milivoltios.

3.- Dos modos de trabajo: Paralelo y multiplexado.

4.- Posee filtros configurables para cada canal.

5.- Ganancias configurables para cada canal (desde 1 hasta 2000).

Configuración: El módulo acondicionador SCXI-1120 tiene varios jumpers de configuración, algunos son para configurar las ganancias de cada canal, otros para la frecuencia del filtro en cada canal y otros para la operación del módulo en conjunto con otros dispositivos. En la tabla 7 se muestra la ganancia de cada canal y la posición correcta de los jumpers para lograr dicha ganancia.

CANAL	POSICIÓN JUMPER 1	POSICIÓN JUMPER 2	GANANCIA TOTAL
Vab (0)	D	B	2
Vbc (1)	D	B	2
Vca (7)	D	B	2
Ia (3)	C	A	10
Ib (4)	C	A	10
Ic (5)	C	A	10
Sp (2)	D	A	1
VDC (6)	D	C	5

Tabla 7, Ganancias de los canales.

Todos los canales tienen la misma configuración de los filtros, todos los jumpers de configuración de los filtros están en la posición B.

3.5 Características de la Tarjeta de adquisición de datos PCI-6024E.-

La tarjeta de adquisición de datos PCI-6024E fabricada por National Instrument trabaja en slot PCI, posee 8 canales de entradas análogas (configuradas en modo diferencial), 2 canales de salidas análogas y 8 líneas de entrada/salida digital.

Para la aplicación que se desarrolló se utilizaron todas las entradas análogas, algunas líneas digitales (solo para la comunicación con el chasis y el módulo acondicionador de señales) y ninguna salida análoga.

Debido a que el sistema contiene un acondicionador de señales, los controladores de National Instrument detectan el chasis y el módulo acondicionador y configuran automáticamente la tarjeta de adquisición de datos basándose en el tipo de chasis y módulo que está presente en el sistema.

La tarjeta de adquisición de datos es capaz de muestrear varias señales analógicas al mismo tiempo, con lo que se gana sincronismo. Para configurar las muestras que se toman se debe tomar en cuenta el criterio de Nyquist que será expuesto más adelante, en base a éste

criterio se configuran cuántas muestras se quieren tomar y cuántas muestras por segundo se quieren tomar.

La tarjeta de adquisición de datos posee un su parte posterior un conector de 68 pines, en el caso de ésta aplicación en particular se conecta la tarjeta PCI-6024E con el chasis SCXI-1000 a través de éste conector.

Si no se hubiesen usado el conector SCXI-1327, el chasis SCXI-1000 y el módulo SCXI-1120, la tarjeta PCI-6024E podría recibir directamente señales analógicas, pero en un rango de +10 a –10 Voltios. Gracias a los otros elementos mencionados ganamos simplicidad en el diseño para la adquisición de las señales.

CAPITULO 4

4. INSTALACIÓN DE LOS CONTROLADORES (DRIVERS) Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Instalación de los controladores.-

Para el correcto funcionamiento del sistema se debe hacer instalar y configurar el sistema de forma apropiada. Se incluyó este capítulo por la necesidad de saber qué variables se deben configurar y cómo se debe instalar la tarjeta de adquisición de datos en caso de una nueva instalación del sistema en otras máquinas.

Como punto de partida menciono algo de suma importancia: Se debe instalar primero LabView, luego los controladores (drivers) del hardware de National Instruments y al final se instalan la tarjeta de adquisición de datos, el chasis y el módulo de acondicionamiento de señales; si se altera éste orden el sistema puede funcionar pero el computador se

tornará más lento y ciertas características de programación de LabView se pueden perder.

El software de monitoreo y control utilizado para la implementación es el LabView 7 Express de National Instruments, la instalación se la realiza desde el CD de instalación, no hay opciones en la instalación de LabView 7 Express; simplemente se inserta el CD y se autoriza la instalación.

Los controladores del hardware (drivers) de National Instrument se encuentran en otro CD, esta instalación tiene muchas opciones y a continuación se mostrarán las opciones mínimas que se deben elegir para obtener el funcionamiento adecuado del sistema:

1.- En el menú de Data Acquisition se deben instalar:

1.1.- Traditional NI-DAQ 7.0

1.1.1.- LabView 7 Support

1.2.- NI-DAQmx 7.0

1.2.1.- LabView 7 Support

2.- En el menú de Instrument Control:

2.1.- NI-VISA 3.0

2.2.- IVI Compliance Package 2.0

2.2.1.- IVI Class Drivers for LabView 7

2.3.- NI Instrument I/O Assistant 1.0

3.- NI Measurment and Automation Explorer 3.0

4.2 Generalidades de los controladores.-

Los controladores o drivers son programas que sirven de enlace entre el computador y el hardware conectado a éste. Los drivers le informan al sistema operativo cómo puede acceder al hardware y cómo utilizar los recursos del mismo.

Los drivers para la tarjeta de adquisición de datos PCI-6024E se encuentran en una librería de National Instruments que se llama NI-DAQ.

NI-DAQ es una extensa librería de funciones que se pueden utilizar desde el lenguaje de programación que se está usando (LabView 7 en este caso), estas funciones permiten utilizar todos los recursos de la tarjeta.

NI-DAQ direcciona o configura parámetros complejos que existen entre el computador y la tarjeta (por ejemplo las interrupciones). En la figura 4.1 se ilustra la relación del driver NI-DAQ con el resto del computador, se observa claramente que si no existiera el NI-DAQ no habría comunicación con la tarjeta de adquisición de datos.

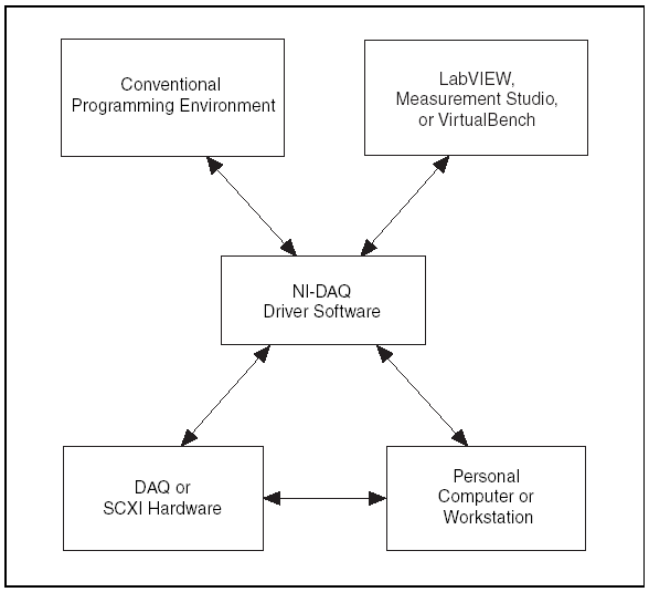


Figura 4.1, NI-DAQ driver.

4.3 Canales Virtuales (Virtual Channels).-

4.3.1 Generalidades.

Los Canales Virtuales son la forma más sencilla de tomar mediciones en los diferentes canales de la tarjeta de adquisición de datos, estos canales virtuales establecen la comunicación entre LabView y la tarjeta de adquisición de datos de tal forma que con sólo asignarle un nombre a una entrada se puede tomar mediciones de ella escribiendo su nombre en una función en LabView.

Los canales virtuales (o virtual channels) se los crea, edita y configura en el programa Measurement and Automation Explorer (MAX), el cual se instala junto con los controladores de hardware de National Instrument como se mencionó anteriormente.

Cuando se configuran los canales virtuales se incluye en la configuración varios parámetros como son el tipo de señal a adquirirse (corriente, voltaje, etc.), el rango de la señal y la escala que se quiere, el dispositivo mediante el cual se hará la medición y algunas otras, por lo tanto cuando se ingresa el nombre de un

canal en una función de LabView no se deben ingresar los parámetros antes mencionados porque ya están dentro de la configuración del canal, de esta manera se hace más fácil y práctica la programación.

IMPORTANTE: SE DEBEN CREAR Y CONFIGURAR LOS CANALES VIRTUALES ANTES DE EJECUTAR LA APLICACIÓN.

4.3.2 Configuración.

Para crear los canales virtuales que necesita la aplicación para adquirir las señales de voltaje, corriente y velocidad, se ejecuta el Measurement and Automation Explorer (MAX) y se siguen los siguientes pasos:

1.- Presionar el botón derecho del ratón sobre la etiqueta “Data Neighborhood” y se selecciona la opción “Create New”, luego se selecciona “Traditional NI-DAQ Virtual Channel” y luego se presiona “Finish”.

2.- Se abre una ventana y se selecciona “Analog Input” como tipo de entrada (todas las entradas que se necesitan son de este tipo), luego se presiona “Siguiente”.

3.- Se le da un nombre al canal (o a la entrada analógica) y se hace un comentario sobre ella si se desea, luego se presiona “Siguiente”.

4.- Se debe seleccionar qué tipo de señal se va a recibir, para la aplicación todas las señales son de voltaje, por lo tanto se selecciona “Voltage”, y se presiona “Siguiente”.

5.- Se debe ingresar la unidad de medición y el rango de la señal, para la aplicación se ingresa “Voltios” como la unidad de medición y los valores que se deben ingresar como rango se muestran en la tabla 7, luego se presiona “Siguiente”.

6.- La siguiente ventana pide información sobre qué escala se le aplicará a la señal que se está adquiriendo, para la

aplicación se selecciona “Map Ranges” y luego se ingresan los valores de la escala para la señal correspondiente al canal que se está configurando, los valores para cada entrada se mostrarán en la tabla 8, luego se presiona “Siguiente”.

7.- Se debe ingresar el dispositivo que se usará para la adquisición de datos (PCI-6024E en este caso), luego se selecciona el número de canal que se quiere asignar a la señal que se está configurando y se selecciona “Differential” como la forma en que la señal entra a la tarjeta, la asignación de los canales se mostrará más adelante, luego se presiona “Finalizar”. El canal virtual se crea automáticamente con la configuración que se ha ingresado.

Nombre del Canal	Rango de Voltaje	Escala de la señal	Canal Número:
Vab	-3.6 a 3.6 V	-7.2, 7.2	0
Vbc	-3.6 a 3.6 V	-7.2, 7.2	1
Vca	-3.6 a 3.6 V	-7.2, 7.2	7
Ia	-5 a 5 V	-10, 10	3
Ib	-5 a 5 V	-10, 10	4
Ic	-5 a 5 V	-10, 10	5
Sp	-6 a 6 V	-1800,1800	2
Vdc	-1.25 a 1.25 V	-125, 125	6

Tabla 8, Configuración de los Canales Virtuales

CAPITULO 5

5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

5.1 Tarjeta de Control del Grupo Motor-Generador KATO.

5.1.1. Descripción y objetivo de la tarjeta.

La tarjeta de control tiene como principal objetivo tomar las decisiones o seguir las rutinas necesarias para realizar las diferentes conexiones del motor.

Las decisiones o rutinas las toma un microcontrolador PIC-16F877A, el cual fue explicado detalladamente en el capítulo 2 y la interfase de fuerza está compuesta por optoacopladores,

relés y contactores. El microcontrolador también tiene como tarea detectar cualquier error en la conexión del motor debido a alguna falla en los contactores, para esto utiliza una interfase de entrada al microcontrolador compuesta de optoacopladores y resistencias, de esta forma se evita que ingrese ruido al PIC.

La interfase de fuerza como se dijo está compuesta de optoacopladores, relés y contactores con bobinas de 220 Voltios; para lograr las diferentes conexiones del motor trifásico KATO se necesitaron 11 contactores, con los cuales se puede conectar al motor en Ye serie, Ye paralelo, Delta serie y Delta Paralelo, también se pueden conectar 2 resistencias en cada fase para un rotor devanado, también se pueden conectar 2 resistencias por fase en el estator para los arranques con resistencia o para los cambios de giro y parada. Las resistencias utilizadas son de 12 ohmios y soportan hasta 10 Amperios cada una y se colocaron en boquillas. Los contactos auxiliares de cada contactor se utilizan para indicarle al PIC que el contactor está energizado o no, esto se logra con un voltaje de control de 12 Voltios que después de pasar por la interfase de entrada al PIC se convierte en 5 Voltios o 0 voltios

dependiendo del estado del contactor. Se utilizó el voltaje de 12 Voltios porque experimentalmente se notó que era más inmune al ruido que 5 Voltios.

La tarjeta de control tiene 2 modos de operación: sin conectarse a la computadora y conectándose a la computadora. Cuando la tarjeta funciona por sí sola (no se conecta al computador) solo sirve para controlar al motor, no sirve para monitoreo alguno. En este modo de operación se pueden realizar los arranques en cualquier configuración de conexión con resistencias conectadas al estator para disminuir el voltaje de alimentación y cambios de giro.

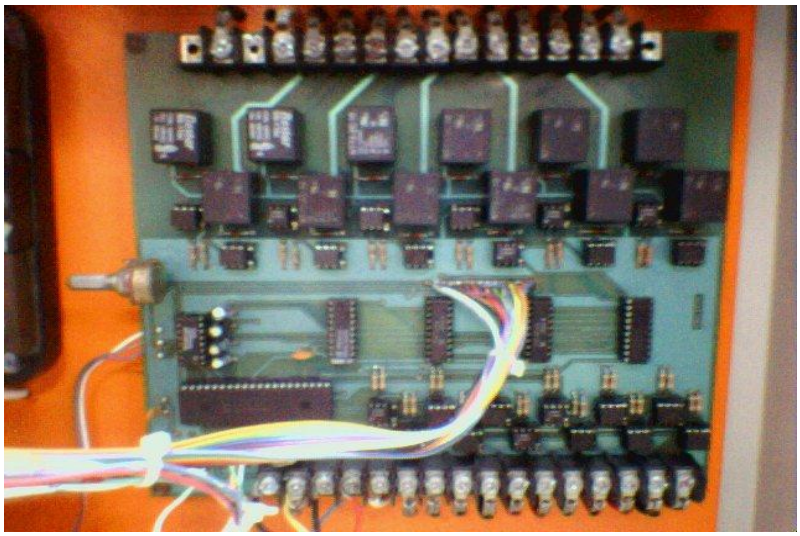
Si se elige el modo de operación con la computadora, la tarjeta espera que el computador le mande la información necesaria para funcionar. En este modo se pueden hacer los arranques antes mencionados, cambios de giro, cambios de conexión del motor mientras está funcionando, parada, los ensayos para determinar el circuito equivalente, conectar resistencias al rotor devanado y monitorear las señales en las pantallas de

LabView. Si ocurre algún error en la conexión de los contactores el PIC enviará un reporte de errores al computador en el que se indica el o los errores encontrados.

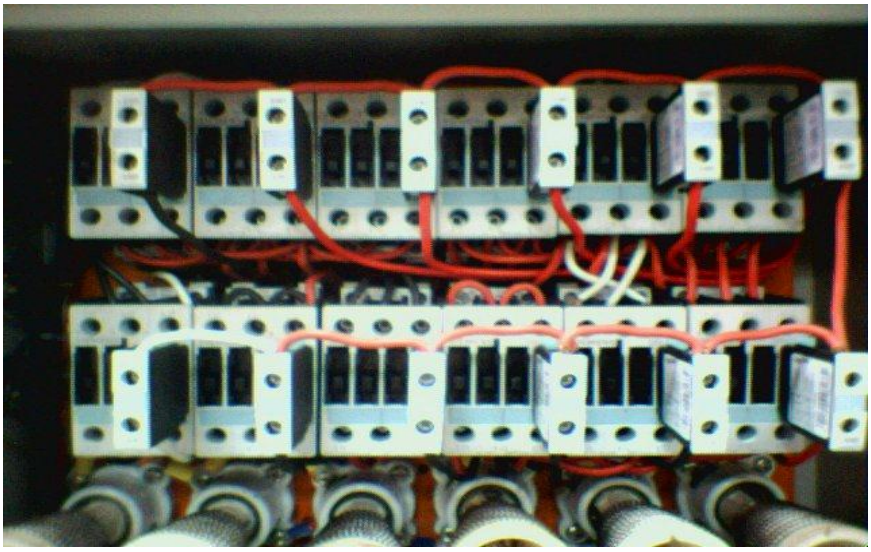
La tarjeta de control se comunica con el computador por comunicación serial asincrónica con norma RS-232. Por medio de esta norma el PIC recibe y envía información al computador. Desde el computador se pueden configurar los tiempos para conectar las resistencias en los arranques y el tiempo para conectar la resistencia de cambio de giro, también se conectan o se desconectan en cualquier momento las resistencias conectadas al rotor devanado.

Cuando la tarjeta se utiliza sin la conexión al computador se configuran todas las opciones por medio de 5 teclas y una pantalla de cristal líquido (LCD) ubicada en un costado del panel. Las instrucciones para la configuración de la tarjeta se explicarán en el capítulo 6.

A continuación se muestra una foto del sistema de control y fuerza:



Sistema de control



Sistema de fuerza

Figura 5.1, Sistema de Control y Fuerza.

5.1.2. Esquemático de la tarjeta.

A continuación se muestra el esquemático de la tarjeta de control y de la interfase de fuerza.

5.1.3. Descripción de los componentes.

Para el diseño y la implementación de la tarjeta se utilizaron diversos circuitos integrados, resistencias, relés, capacitores y borneras, entre otros.

A continuación se muestra una lista y una descripción de cada uno de los componentes utilizados:

PIC-16F877A: Es un microcontrolador de 8 bits, de 40 pines y su tarea es la de controlar las rutinas de conexión del motor y detectar errores.

MAX-232: Circuito integrado de 16 pines cuya función consiste en convertir los voltajes de TTL a la norma RS-232 para la comunicación serial con el computador.

Buffer 74LS244: Circuito integrado que se utiliza para direccionar el bus de datos hacia la pantalla de cristal líquido o

hacia la interfaz de salida a los contactores. Se utilizaron 4, con esto se ampliaron los recursos del PIC.

LTV-4N35: Circuitos integrados optoacopladores, se los utiliza en las interfases de entrada y salida para aislar al PIC de ruido.

Relés: Componentes electromecánicos que sirven de interfase entre el control y fuerza en la tarjeta, utilizan 12 voltios para energizarse y en su contacto de salida suministran 220 voltios a las bobinas de los contactores. Se utilizaron 12.

Cristal de 10 Mhz: Cristal de cuarzo que sirve para la temporización interna del microcontrolador antes mencionado, indispensable para el funcionamiento del mismo.

Capacitores de 0.01uF: Utilizados para filtrar transientes de voltaje para que no afecten al sistema, sin ellos el sistema se reinicializa (reset) y se pierde la información.

Capacitores de 1uF: Utilizados para la configuración del circuito integrado encargado de la conversión a norma RS-232.

Capacitores de 15pF: Utilizados para mantener la frecuencia del cristal de cuarzo estable.

Resistencias: De diversos valores para lograr el funcionamiento deseado de las interfases de entrada y salida.

Potenciómetro: De 100 ohmios para controlar el contraste de la pantalla de cristal líquido.

Borneras: Para facilitar las conexiones.

Cable Serial: Para la conexión entre la PC y la tarjeta de control.

5.1.4. Costo de la tarjeta.

5.2.- Comunicación PC-PIC.

5.2.1.- Interfase RS-232.

El puerto RS232, existente en todos los ordenadores actualmente es el sistema más común para la transmisión de datos entre computadoras o entre periféricos y computadoras.

El RS232 es un estándar de comunicaciones propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) y es la ultima de varias versiones anteriores.

Lo más importante del estándar de comunicaciones es la funcionalidad específica de cada pin de entrada y salida de datos porque nos encontramos básicamente con dos tipos de conectores: los de 25 pines y los de 9 pines, siendo la más usada la versión de 9 pines, aunque la versión de 25 permite muchas mas información en la transferencia de datos.

Las señales con la que actúa el puerto son digitales (0 - 1) y la tensión a la que trabaja es de 12 Voltios bipolares, es decir:

+ 12Voltios = 0 lógico

-12 Voltios = 1 lógico

Las características de los pines y su nombre son:

TXD	Transmitir Datos	Señal de salida
RXD	Recibir Datos	Señal de entrada
RTS	Solicitud de envío	Señal de salida
DTR	Terminal de datos listo	Señal de salida
CTS	Libre para envío	Señal de entrada
DSR	Equipo de datos listo	Señal de entrada
DCD	Detección de portadora	Señal de entrada
SG	Tierra	Referencia para señales
RI	Indicador de llamada	Señal de entrada

Los pines que portan los datos son RxD y TxD los demás se encargan de otros trabajos, el DTR indica que el ordenador esta encendido, DSR que el dispositivo conectado al puerto esta encendido, RTS que el ordenador al no estar ocupado puede recibir datos, al revés de CTS que lo que informa es que es el dispositivo el que puede recibir datos, DCD detecta que existen presencia de datos, etc.

Con los puertos de E/S se pueden intercambiar datos mientras que las IRQ producen las interrupciones para indicar a la CPU que ha ocurrido un acontecimiento, como la llegada de datos por el puerto serial.

Cuando ocurre un evento en un puerto serie se activa la IRQ que avisa a la CPU que debe recoger el dato lo antes posible, pues se puede anular con un nuevo dato, para eso esta la UART 16550A que incluye 2 buffers o almacenes de información de tipo FIFO (First In Firts Out) uno para entrada y otro para salida de 16 bits guardan los datos antes de que la CPU los recoja.

El RS232 puede hacer transmisión de datos en grupos de 5, 6, 7, u 8 bits a determinada velocidad (normalmente 9600 bits por segundo o más). Después de los datos, le sigue un bit opcional de paridad (indica que el numero de bits transmitidos es par o impar) y luego 1 o 2 bits de parada.

La transmisión debe de ser constante y a una velocidad predeterminada (baudios). Los bits deben de llegar uno detrás de otro y en determinados instantes de tiempo .

Antes de iniciar cualquier comunicación con el puerto RS232 se debe de determinar el protocolo a seguir dado que el estándar del protocolo no permite indicar en que modo se esta trabajando, es la persona que utiliza el protocolo el que debe decidir y configurar ambas partes antes de iniciar la transmisión de datos.

Siendo los parámetros a configurar los siguientes:

Protocolo serie (numero bits-paridad-bits stop)

Velocidad de puerto

Protocolo de control de flujo.

La configuración de la comunicación que se utiliza en la aplicación consiste en 8 bits de información, 1 bit de parada, 1 bit de inicio, sin paridad, sin control de flujo y a 9600 baudios.

Para la comunicación entre la PC y el microcontrolador el primer problema que hay que superar es que los niveles lógicos TTL que salen del PIC no son compatibles con los niveles lógicos del puerto, para ello debemos introducir en el circuito un puente que nos traduzca los datos del PIC al puerto y viceversa, este puente es el micro MAX232.

5.2.2. Protocolo de comunicación.

El protocolo de comunicación es el conjunto de códigos que tienen una función específica para el sistema. En la aplicación existen códigos de configuración de la tarjeta, códigos de operación de la tarjeta y también existen códigos que envía la tarjeta de control a las aplicaciones en LabView para reportar errores.

Cuando la tarjeta de control funciona con la computadora se habilita la comunicación serial por medio de la interfase RS-232 y se coloca en un estado de espera. Cada vez que le llega un dato al PIC (un byte) se produce una interrupción en el programa del PIC y se almacena el dato que llegó. Para que el PIC realice una configuración en el sistema o ejecute una operación sobre el motor debe recibir 3 bytes. Es indispensable que lleguen 3 bytes, ya que si llega solo 1 o 2 el programa del PIC sigue en el estado de espera y no configura o ejecuta acción alguna.

5.2.2.1. Comandos de configuración.

Los comandos de configuración sirven para configurar la tarjeta de control. La configuración de la tarjeta de control incluye la configuración de los tiempos para la desconexión de cada resistencia en los arranques con resistencia, el tiempo para la desconexión de la resistencia para cambio de giro, cuántas resistencias externas se conectan al rotor devanado (pueden conectarse o desconectarse en cualquier momento), re-inicialización del sistema y determinar el estado de la tarjeta de control.

Para indicarle al PIC que se enviará un comando de configuración el primer byte que se envía es 204 (decimal) siempre, luego se envían los otros 2 bytes que especifican qué es lo que se configura.

En la tabla 9 se ilustran los comandos (o códigos) de configuración y su función.

Primer Byte	**Segundo Byte**	**Tercer Byte**	**Función**
204	47	XXX	Pregunta estado de la tarjeta.
204	55	XXX	Indica que se hará una parada.
204	63	Xseg	Setea el tiempo de desconexión de R1 en Xseg.
204	62	Xseg	Setea el tiempo de desconexión de R2 en Xseg.
204	61	Xseg	Setea el tiempo de transición de Ye a Delta en Xseg.
204	58	1	Conecta RR1 al rotor devanado.
204	58	2	Conecta RR2 al rotor devanado.
204	58	3	Conecta RR1 y RR2 al rotor devanado.
204	60	XXX	Re-inicializa el sistema (RESET).

Tabla 9, Comandos de configuración

Nota 1: XXX se refiere a cualquier valor.
Nota 2: Todos los valores están en decimal.

5.2.2.2. Comandos de operación.

Los comandos de operación indican a la tarjeta qué tipo de arranque tendrá el motor, qué conexión tendrán sus bobinas y la configuración de ellas (Ye o delta), también le indican cuándo ejecutar cambios de giro y parada.

A diferencia de los comandos de configuración, en los comandos de operación solo es importante el primer byte, el segundo y el tercer byte pueden ser cualquier valor.

En la tabla 10 se muestran los códigos de operación y su función.

Primer Byte	**Función**
17	Arranque directo, conexión Ye, serie a la derecha.
1	Arranque directo, conexión Ye, serie a la izquierda.
50	Arranque directo, conexión Delta, paralelo a la derecha.
34	Arranque directo, conexión Delta, paralelo a la izquierda.
18	Arranque directo, conexión Delta, serie a la derecha.
2	Arranque directo, conexión Delte, serie a la izquierda.
49	Arranque directo, conexión Ye, paralelo a la derecha.
33	Arranque directo, conexión Ye, paralelo a al izquierda.
20	Arranque con resistencias en Ye, serie a la derecha.
4	Arranque con resistencias en Ye, serie a la izquierda.
52	Arranque con resistencias en Ye, paralelo a la derecha.
36	Arranque con resistencias en Ye, paralelo a la izquierda.
21	Arranque con resistencias en Delta, serie a la derecha.
5	Arranque con resistencias en Delta, serie a la izquierda.
53	Arranque con resistencias en Delta, paralelo a la derecha.
37	Arranque con resistencias en Delta, paralelo a la izquierda.
19	Arranque Ye-Delta, en serie a la derecha.
3	Arranque Ye-Delta, en serie a la izquierda.
51	Arranque Ye-Delta, en paralelo a la derecha.
35	Arranque Ye-Delta, en paralelo a la izquierda.

Tabla 10, Comandos de operación

Los valor de los comandos de configuración se eligieron sin ninguna razón en particular, pero los comandos de operación se originaron de la programación de la aplicación en LabView ya que se creó un Cluster (conjunto de algún tipo de objeto) de Interruptores, cada interruptor representa una función, por ejemplo la posición apagado de un interruptor significa giro a la derecha, pero la posición encendido significa giro a la izquierda. A continuación se muestra el Cluster de interruptores que se creó en LabView para generar los comandos de operación:

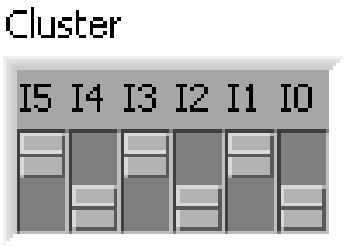


Figura 5.2, Cluster de interruptores.

I0, I1 e I2: Determinan el tipo de arranque según la Siguiente tabla:

I2	**I1**	**I0**	**Tipo de arranque**
0	0	1	Directo en Ye
0	1	0	Directo en Delta
0	1	1	Ye – Delta
1	0	0	Ye con resistencias
1	0	1	Delta con resistencias

Tabla 11, Tipos de arranque.

I3: No se utiliza.

I4: Determina el sentido del giro (derecha o izquierda)

I5: Determina la conexión de las bobinas (serie o paralelo)

5.3 Programa en Lab View.

5.3.1 Explicación de las variables usadas.

En este capítulo se explicarán la función de las variables más importantes que se utilizaron en la programación de la aplicación en LabView.

SERIAL: Variable que guarda la configuración del puerto serial para la comunicación con la PC. Se la encuentra en la mayoría de las pantallas de LabView.

ESTADO DE LOS CONTACTORES: Almacena información sobre los contactores desde C1 hasta C8. Guarda y muestra el estado (conectado o desconectado) de los contactores mencionados.

ESTADO DE LOS CONTACTORES 2: Igual que la anterior pero con los contactores C9 hasta C12.

VOLTCHECK: Almacena el valor máximo de voltaje permitido para la alimentación del motor.

IMAX: Almacena el valor máximo de corriente permitida en los embobinados del estator del motor.

YE / DELTA: Variable de tipo bolean que almacena si el motor debe conectarse en ye o en delta.

SERIE / PARALELO: Variable de tipo bolean que almacena si las bobinas del estator del motor están conectadas en serie o en paralelo.

DER / IZQ: Variable que almacena el sentido de giro del motor.

Vab-RMS, Vbc-RMS, Vca-RMS: Almacenan los valores RMS de los voltajes línea-línea.

Ia-RMS, Ib-RMS, Ic-RMS: Almacenan los valores RMS de las corrientes de línea.

TETA, TETA 2, TETA 3: Almacenan los ángulos de desfase entre los voltajes y las corrientes de cada fase.

FACTOR DE POTENCIA, FACTOR DE POTENCIA 2, FACTOR DE POTENCIA 3: Almacenan los valores del factor de potencia por fase.

POTENCIA ACTIVA TRIFÁSICA, POTENCIA REACTIVA TRIFÁSICA, POTENCIA APARENTE TRIFÁSICA: Almacenan los resultados obtenidos de los cálculos de las potencias mencionadas.

DATA CLUSTER: Variable que representa un conjunto de interruptores que forman una orden de un byte, el cual sirve para cambiar las conexiones o el sentido de giro del motor.

OPCODE: Variable que almacena el byte que está almacenado en “DATA CLUSTER” en base decimal.

VRB, IRB, FRB: Almacenan los valores de voltaje, corriente y factor de potencia de la prueba de rotor bloqueado.

5.3.2 Explicación del programa.

La aplicación diseñada está compuesta de 2 partes: una aplicación diseñada en LabView 7 y otra aplicación diseñada en Assembler para el microcontrolador PIC16F877A. Estas dos aplicaciones se comunican entre sí (cuándo se está trabajando en modo con PC) pero realizan operaciones independientes, es decir, la aplicación en LabView 7 se encarga de monitorear las señales de voltaje, corriente y velocidad del motor y calcula diversos parámetros a partir de ellos; mientras que la aplicación en Assembler del PIC se encarga de controlar al motor y

controlar el funcionamiento correcto de los contactores. Las dos aplicaciones interactúan sólo cuando se desea hacer un cambio de conexión al motor, entonces se presiona un botón en la pantalla y LabView envía un código por el puerto serial (COM 1) al PIC el cual lo decodifica y cambia la conexión del motor y verifica que los contactores funcionen correctamente.

Con relación a la aplicación en LabView 7, ésta aplicación está estructurada con varias pantallas llamadas Vis (virtual instruments), cada VI se encarga de un procedimiento o una subrutina.

Existen 2 formas de ejecutar la aplicación: incluyendo las pruebas para hallar el circuito equivalente y hacer funcionar el motor directamente sin hacer las pruebas. Para no realizar las pruebas se ejecuta “FLUJO.vi”, y para realizar las pruebas se ejecuta “PRUEBAS PARA EL MOTOR AC.vi”.

El funcionamiento de la aplicación en LabView es simple, el usuario primero ingresa la conexión que desea en el motor y la ejecuta, en general la aplicación muestrea las señales continuamente, por lo tanto, las señales que se muestran en la pantalla tienen un pequeño retraso con la realidad. Aparte de muestrear las señales la aplicación está pendiente o escuchando al puerto serial (COM 1) para leer información de errores que el PIC le puede enviar, también está pendiente de los botones e interruptores que existen los paneles frontales de modo que si el usuario desea cambiar una conexión ésta se envíe al PIC por el COM1.

Si existe un error en la conexión el PIC le enviará un informe a la aplicación en LabView, la cual mostrará cuál fue el contactor que falló.

CAPITULO 6

6. MANUALES DEL USUARIO.

6.1 Manual de usuario para la tarjeta de control.

La tarjeta de control está conformada por varios elementos, pero los únicos que funcionan como interfase con el usuario son 5 botoneras, una pantalla LCD y un cable de comunicación serial con el computador.

Para encender la tarjeta de control existe un interruptor que se encuentra a la derecha de la pantalla LCD en la parte frontal de la puerta del tablero. Después de ser encendida aparece un mensaje inicial como se observa en la figura 6.1.

Figura 6.1, Mensaje inicial

Las 5 botoneras que se encuentran en la parte frontal del tablero tienen funciones específicas y cada una tiene un número y/o una función escrita debajo de ella, como se muestra en la figura 6.2.

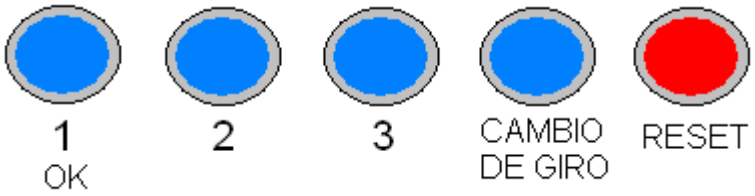


Figura 6.2, Función de cada botonera

A parte de las funciones escritas debajo de las botoneras tienen otras funciones que se mencionarán más adelante.

Los números que se encuentran debajo de las primeras 3 botoneras corresponden a las opciones que se muestran en la pantalla LCD, por ejemplo, para elegir el modo de operación de la tarjeta en la LCD se muestra el mensaje que se observa en al figura 6.3. Se ve en la pantalla que en la segunda línea se enumeran las posibles respuestas: 1) SI y 2) NO, entonces si se presiona la botonera con el número 1 se está respondiendo SI a la pregunta y con la número 2 se responde NO, cualquier otra botonera que se pulse no causará ningún efecto, excepto la botonera de RESET que reinicializa la tarjeta.

Figura 6.3, Menú de modo de operación.

Para continuar con la configuración de la tarjeta, después del mensaje de la figura 6.1 se debe presionar y soltar la botonera 1; luego aparece el mensaje de la figura 6.3.

La tarjeta de control tiene dos modos de operación como se dijo anteriormente:

a) Sin conexión al computador.
b) Con conexión al computador.

a) Sin conexión al computador: Cuando se trabaja en éste modo de operación no se necesita de una computadora para configurar la tarjeta, se la configura respondiendo unas cuantas preguntas sobre la forma en que se quiere hacer funcionar al motor. Este modo de operación tiene algunas restricciones con respecto al modo de operación con computador, ésta son:

- La máquina AC sólo funciona como motor, no como generador.
- No hay control sobre la máquina DC, por defecto estará conectada siempre como generador DC.
- No se pueden hacer cambios de conexión sobre la marcha.
- No se puede cambiar el tiempo para la desconexión de la resistencia de cambio de giro sobre la marcha, se lo configura una sola vez al inicio.

- Si ocurre alguna falla en la conexión de un contactor no se puede saber cuál falló por medio de la pantalla LCD.

Luego de seleccionar el modo de operación sin computador aparece al mensaje de la figura 6.4.

Figura 6.4, Tipo de arranque.

Si se selecciona la opción 1 se ejecuta un arranque directo, con la opción 2 un arranque con resistencias conectadas a las bobinas del estator para reducir el voltaje en el arranque y la opción 3 ejecuta un arranque ye-delta.

Si se eligió la opción 1 en el mensaje de la figura 6.4 aparece el mensaje de la figura 6.5.

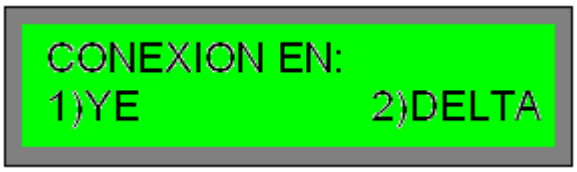


Figura 6.5, Tipo de conexión.

Luego se debe especificar la conexión interna de las bobinas de cada fase, como se muestra en la figura 6.6.

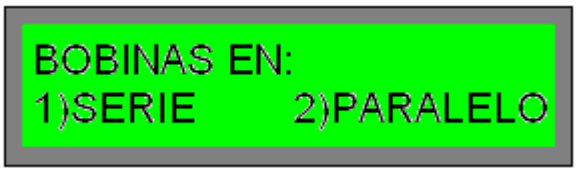


Figura 6.6, Conexión de las bobinas

A continuación se debe especificar el tiempo (en segundos) que una resistencia permanecerá conectada en cada fase para disminuir el voltaje cuando se ejecuta un cambio de giro, como se muestra en la figura 6.7.

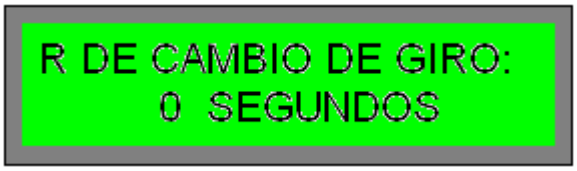


Figura 6.7, Tiempo para la resistencia de cambio de giro.

Para aumentar el tiempo se presiona y se libera la botonera 3; cuando se tenga en pantalla el tiempo deseado se presiona “OK” (la botonera 1).

Para completar la configuración del arranque directo se especifica el sentido de giro del motor, como se muestra en la figura 6.8.

Figura 6.8, Sentido de giro.

De ésta forma se completa la configuración del arranque directo (por ejemplo). Cuando se termina la configuración el motor se pone en marcha con el tipo de arranque seleccionado y las conexiones especificadas y en la pantalla LCD aparece el mensaje de la figura 6.9.

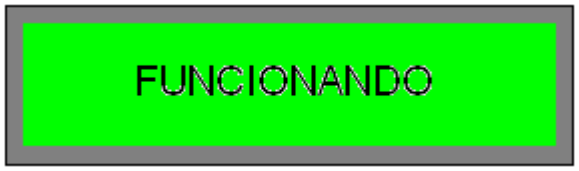


Figura 6.9, Mensaje final.

Si se hubiese elegido el arranque con resistencias (opción 2 en la figura 6.4) no hubiese aparecido el mensaje de la figura 6.5 sino el de la figura 6.10.

Figura 6.10, Desconexión de R1.

Se presiona la botonera 3 hasta llegar al tiempo que se desea para la desconexión de la resistencia 1 en el arranque con resistencias, luego se presiona “OK” y aparece el mismo mensaje pero para la resistencia 2 del arranque; se procede de la misma forma: la botonera 3 para aumentar el tiempo y luego “OK”. Los tiempos que se definen corresponden a los segundos que estarán conectadas cada resistencia en el arranque, cuando se cumple el tiempo definido, las resistencias se desconectan. Después de definir el tiempo de la resistencia 2 aparece el mensaje de la figura 6.5 y se sigue la secuencia de mensajes que se explicó para el arranque directo.

Si se hubiese elegido el arranque Ye-Delta (opción 3 en la figura 6.4), hubiese aparecido el mensaje de la figura 6.11.

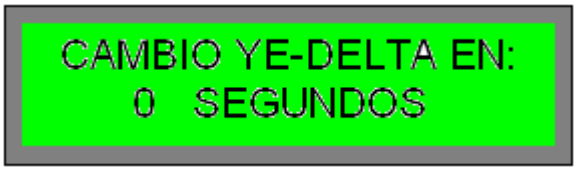


Figura 6.11, Cambio Ye-Delta.

De igual manera la botonera 3 aumentará el tiempo y luego “OK” para continuar con el mensaje de la figura 6.5 y la secuencia antes mencionada.

Si ocurriese un error en la conexión de los contactores, el PIC 16F877A procederá a desconectar todos los contactores y mostrará el mensaje de la figura 6.12 intermitentemente hasta presionar “OK”.

Figura 6.12, Mensaje de error.

Cuando el motor se encuentra funcionando se puede presionar la botonera “CAMBIO DE GIRO” y el motor cambiará su sentido de giro

obedeciendo al tiempo definido para la resistencia de cambio de giro. Se pueden realizar los cambios de giro que se desee.

Si se estuviese usando un rotor devanado también se pueden conectar resistencias externas (dos resistencias). Cuando el motor está funcionando si se presiona la botonera 1 se desconectará R1 del rotor devanado y permanecerá conectada R2 del rotor devanado; si se presiona la botonera 2 se desconectará R2 del rotor devanado y permanecerá conectada R1 del rotor devanado y por último si se presiona la botonera 3 se desconectarán las dos resistencias. Cuando el motor arranca están conectadas las dos resistencias del rotor devanado por defecto.

En caso de que se quiera desconectar al motor se presiona la botonera “RESET” la cual desconectará el motor y limpiará todos los registros de configuración de la tarjeta. La botonera “RESET” funciona igual que un pulsador de emergencia, se la puede presionar en cualquier momento y el motor se desconectará completamente.

6.2 Manual de usuario para las aplicaciones de LabView.

En las siguientes páginas se explicará cómo funcionan desde el punto de vista del usuario las pantallas de LabView que conforman la aplicación desarrollada.

Para lograr una comprensión total de cómo funcionan las pantallas se mostrará una foto de la pantalla y a continuación se explicarán los detalles de funcionamiento de la misma.

Como se mencionó anteriormente se puede ejecutar la aplicación de 2 formas: realizando las pruebas al motor o simplemente poner en marcha el motor y cambiar sus conexiones mientras se monitorean las señales presentes. Se iniciará la explicación asumiendo que se realizarán las pruebas al motor ya que ésta forma contiene a todas las pantallas, para esto se debe ejecutar la aplicación “PRUEBAS PARA EL MOTOR AC.vi”; la cual se muestra en la figura 6.13.

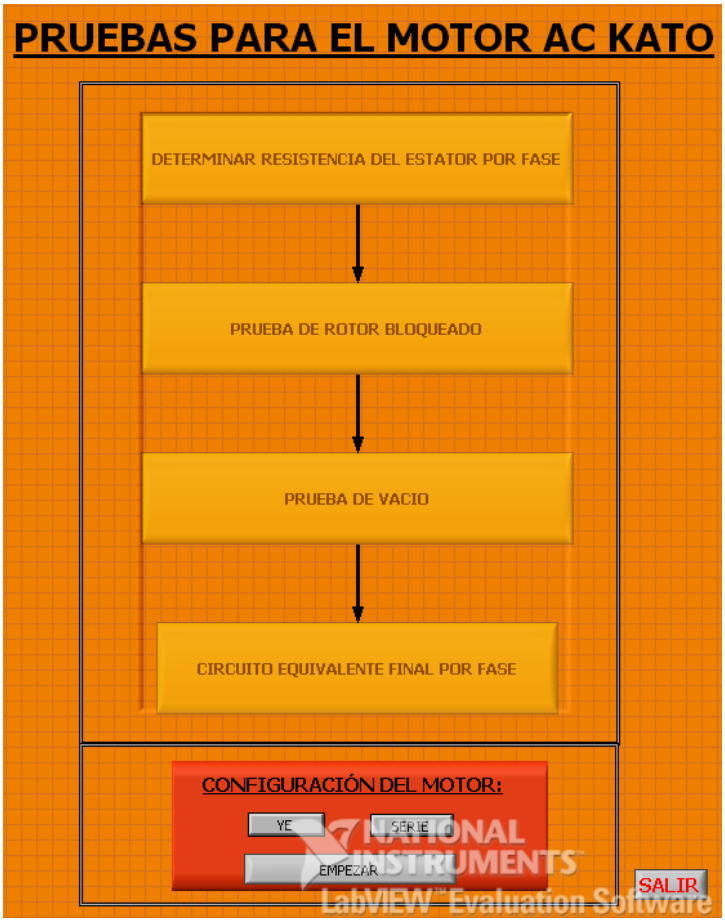


Figura 6.13, Pruebas para el motor AC KATO.

Al iniciarse esta aplicación se debe especificar la configuración para la conexión del motor, esto se lo realiza con los botones que se encuentran en la parte inferior dentro del cuadro rojo que tiene las leyendas “YE” y “SERIE”. Si se presiona el botón que dice “YE” aparecerá la leyenda “DELTA”, de igual forma si se presiona el que dice “SERIE” aparecerá “PARALELO”; de esta manera se coloca la

configuración del motor, esto servirá para que al realizarse las pruebas de vacío y de rotor bloqueado la tarjeta de control conecte al motor. Cabe mencionar que los circuitos equivalentes que su muestren durante las pruebas corresponden a la conexión que se especifique en ésta aplicación. Cuando se haya colocado la conexión deseada se presiona “EMPEZAR”. Los 4 recuadros que aparecen en la parte central de la pantalla indicarán qué prueba se realizará, al iniciarse la aplicación todos los recuadros estarán opacos (señal de no funcionamiento) y cada uno obtendrá brillo a medida que se vayan realizando las pruebas. El primer recuadro pide determinar la resistencia del estator por fase, por lo tanto luego de presionar “EMPEZAR”, el primer recuadro adquiere brillo y aparece la aplicación de la figura 6.14.

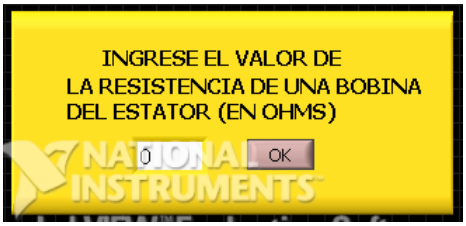


Figura 6.14, Resistencia del estator.

Se ingresa el valor de una bobina del estator y luego se presiona “OK”, si se ingresa el valor de cero la aplicación mostrará un error e insistirá en un valor diferente de cero.

Luego de presionar “OK” desaparece la aplicación de la figura 6.14 y el segundo recuadro de la figura 6.13 adquiere brillo indicando que la prueba de rotor bloqueado empezará, cuando ésta aplicación empieza se ve como la figura 6.15.

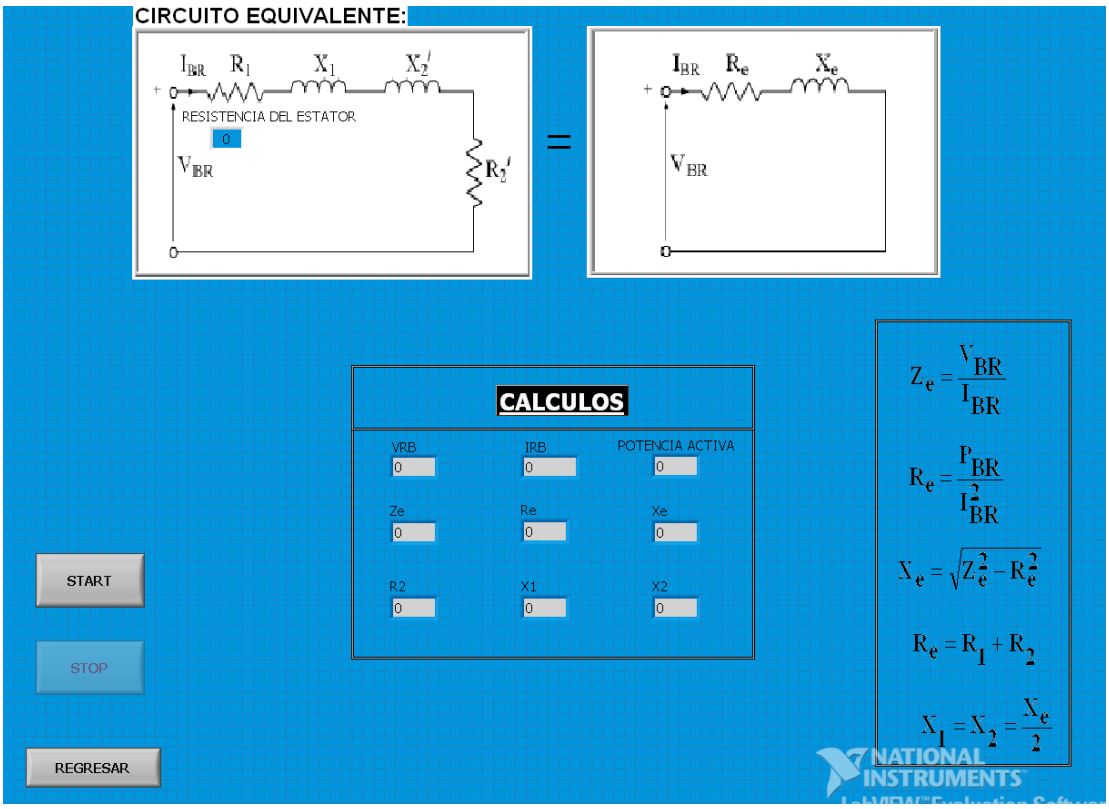


Figura 6.15, Prueba de rotor bloqueado.

En esta aplicación se muestra el circuito equivalente por fase para la prueba, considerando que el rotor no se mueve y por lo tanto el

desplazamiento es máximo. En el recuadro que dice “Resistencia del estator” se muestra un valor que corresponde al tipo de conexión de las bobinas, hay que recordar que son dos bobinas por fase que pueden estar conectadas en serie o en paralelo, por lo tanto el valor que se mostrará será el doble del que se ingresó en la aplicación de la figura 6.14 (conexión serie) o la mitad de dicho valor (conexión paralela).

Las siglas BR se refieren a “Blocked rotor” que significa rotor bloqueado, por lo tanto VBR e IBR significan voltaje con rotor bloqueado y corriente con rotor bloqueado. Del lado derecho de la pantalla aparecen el grupo de ecuaciones que se utilizan para realizar los cálculos de los parámetros, los cuales se muestran en el centro de la pantalla.

Para iniciar la prueba se presiona “START”, si las condiciones para realizar la prueba son las correctas se conectará el motor e iniciará la captura de las señales y el cálculo de los parámetros, de lo contrario aparecerán mensajes de error para corregir las condiciones iniciales para la prueba (ej: el voltaje del VARIAC debe ser cero al inicio de la prueba). Cuando se esté conforme con los datos mostrados (sean estables) se presiona “STOP”, se puede volver a hacer la prueba o se puede presionar “REGRESAR” para volver a la aplicación de la figura

6.13. Cabe mencionar que los parámetros calculados se guardan para luego ser utilizados en la base de datos y en la gráfica de las curvas representativas del motor. Al regresar a la aplicación de la figura 6.13 adquiere brillo el recuadro que dice “PRUEBA DE VACIO” y se inicia la misma como se muestra en la figura 6.16.

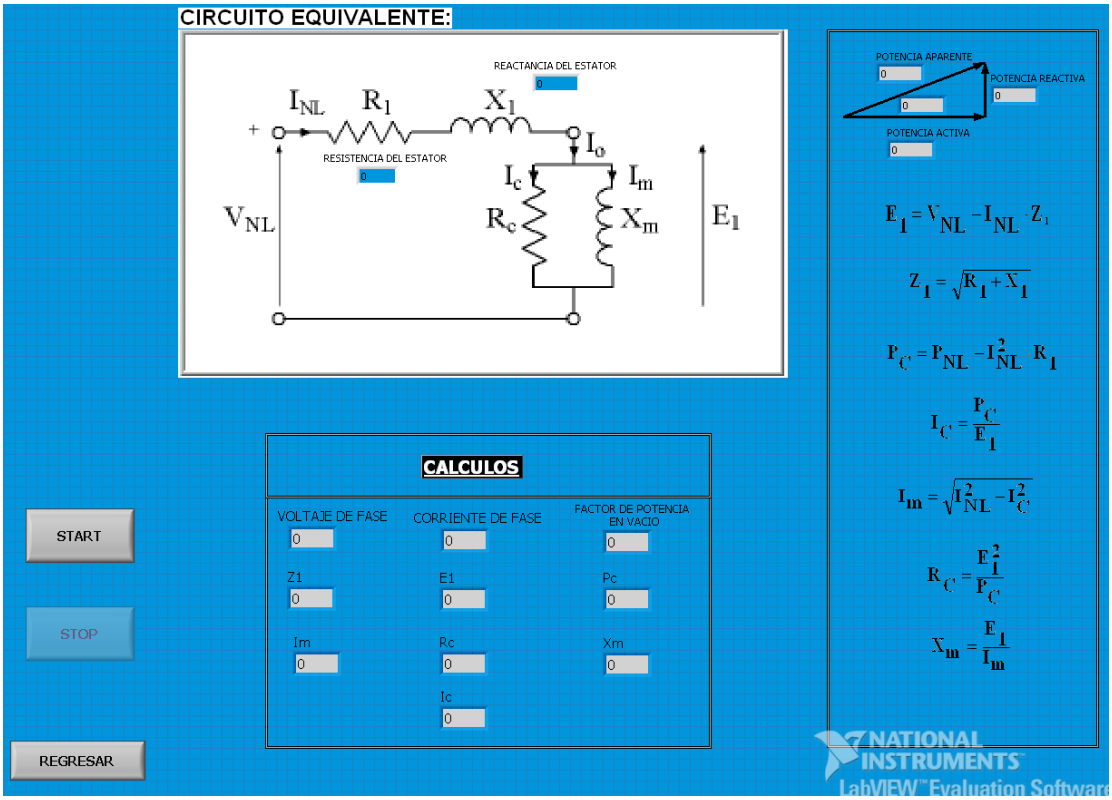


Figura 6.16, Prueba de vacío

Esta aplicación funciona exactamente igual que la prueba de rotor bloqueado.

Al regresar a la aplicación de la figura 6.13, adquiere brillo el último recuadro: “Circuito equivalente final por fase” y se abre otra pantalla en la que se muestra el circuito equivalente definitivo, como se muestra en la figura 6.17.

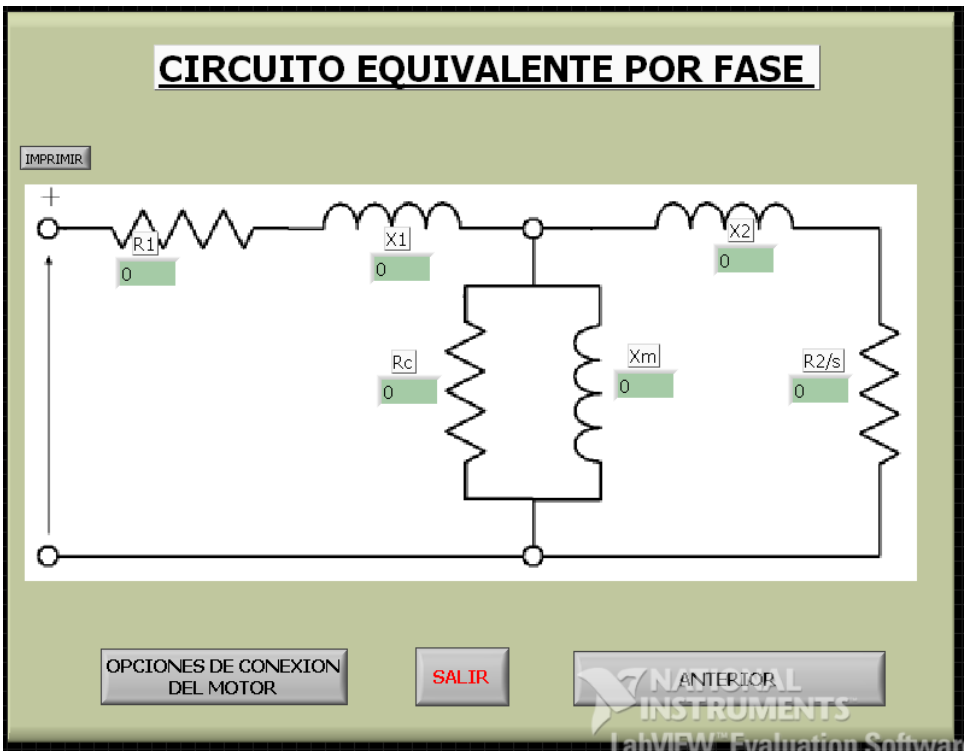


Figura 6.17, Circuito equivalente por fase.

En ésta aplicación encontramos 4 opciones, “SALIR” para cerrar todas las aplicaciones, “ANTERIOR” para volver a la aplicación “PRUEBAS DEL MOTOR AC.vi” para realizar las pruebas otra vez si se lo desea, la

opción “IMPRIMIR” para imprimir al circuito equivalente y la opción “OPCIONES DE CONEXIÓN DEL MOTOR” la cual llama a la aplicación que sirve para configurar cómo se hará funcionar la máquina AC: ya sea como motor AC o como generador AC, ésta aplicación se muestra en la Figura 6.18.

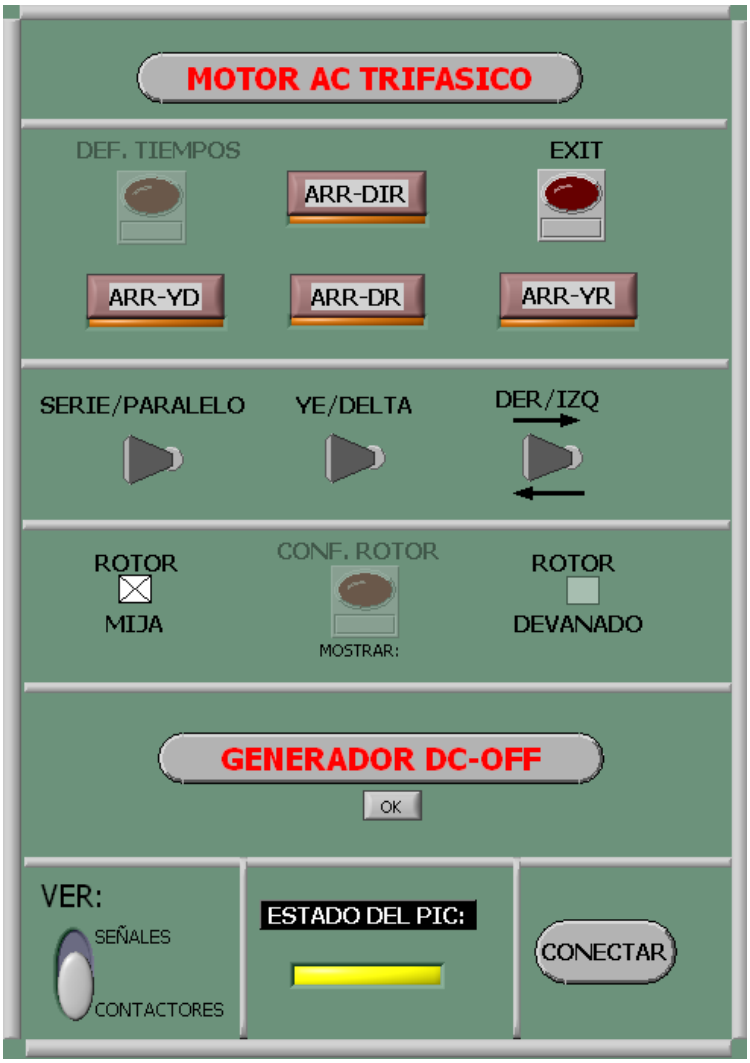


Figura 6.18, Configuración de la máquina AC.

Esta aplicación es el punto de partida para hacer funcionar a la máquina AC y a la máquina DC como se desea. Para empezar se debe especificar si la máquina funcionará como motor AC o como generador AC, esto se lo define presionando el botón gris con letras rojas que aparece como encabezado de la pantalla, si se lo presiona cambia de "MOTOR AC TRIFASICO" a "GENERADOR AC TRIFASICO". Si se elige trabajar como motor AC se debe especificar el tipo de arranque con los 4 botones que se encuentran debajo del botón de encabezado, "ARR-DIR" se refiere a arranque directo, "ARR-YD" se refiere a arranque Ye-Delta, "ARR-DR" se refiere a arranque en delta con resistencias y "ARR-YR" se refiere a arranque en ye con resistencias.

Si se selecciona un arranque con resistencias o el arranque Ye-Delta, se habilita el botón "DEF. TIEMPOS" que ejecuta una aplicación que sirve para definir los tiempos que estarán conectadas las resistencias en el arranque o el cambio de la conexión Ye a la conexión Delta como se muestra en la Figura 6.19.

Figura 6.19, Definición de tiempos.

El uso de ésta aplicación es muy sencillo simplemente se giran los controles en forma de perilla hasta obtener el tiempo (en segundos) deseado para cada resistencia o para el cambio de conexión de Ye a Delta y luego se presionan los botones “TIME_R1” para enviar el valor del tiempo para la resistencia 1, “TIME_R2” para el tiempo de la resistencia 2 y “TIME_YD” para el cambio de Ye a Delta en el arranque. Al finalizar el envío de los tiempos se presiona “EXIT” para regresar a la pantalla de la Figura 6.18.

Volviendo a los controles de la aplicación de la Figura 6.18, cuando se selecciona “ARR_DIR” para realizar un arranque directo se debe especificar qué conexión tendrá el motor (o generador) con los controles en forma de paleta que se encuentran a continuación de los botones de los arranques, los cuales tienen las etiquetas “YE/DELTA”, “SERIE/PARALELO” y “DER/IZQ”. Cuando se selecciona que la

máquina AC funcione como motor todas estas opciones pueden modificarse, pero cuando funciona como generador el control para el sentido de giro “IZQ/DER” se deshabilita porque el sentido de giro lo define el motor DC.

Luego se especifica el tipo de rotor que tiene el motor en su interior: Jaula de ardilla o rotor devanado, esto se lo realiza marcando una de las cajas de opciones que tienen las etiquetas “MIJA” y “ROTOR DEVANADO”. Cuando se selecciona “ROTOR DEVANADO” se habilita el botón “CONF. ROTOR”, este sirve para conectar una o dos resistencias al rotor devanado antes de arrancar el motor. Para cambiar la conexión del rotor devanado en las siguientes aplicaciones se encontrará un botón que hace referencia al rotor devanado y desde allí se podrá cambiar la conexión del rotor devanado, es decir desconectar o conectar las resistencias en cualquier momento para cambiar la velocidad del motor.

A continuación de los controles mencionados aparece un botón con la etiqueta “GENERADOR DC-OFF”, si se presiona el botón la etiqueta cambia a “GENERADOR DC-ON”, esto define si se conecta o no el

generador DC en el arranque con lo cual se arranca el motor AC con carga o sin carga. Por defecto el generador estará desactivado en el arranque, pero si se selecciona conectarlo se habilitará un pequeño botón con la etiqueta “OK” para enviar la orden a la tarjeta de control y energizar el contactor C_{12} para conectar el generador DC. Las aplicaciones de LabView verifican si el generador DC puede conectarse o no, esto lo realiza muestreando el voltaje DC que existe entre los terminales A_1 y A_2, si el voltaje DC es igual a cero la aplicación de LabView permitirá la conexión de la máquina DC como generador y enviará el código correspondiente a la tarjeta de control para su conexión; esta verificación se realiza para evitar que se conecte a la máquina DC como motor cuando la máquina AC también está funcionando como motor.

Por último se encuentra un interruptor que tiene dos opciones: “SEÑALES” y “CONTACTORES”, este interruptor define qué se mostrará en la pantalla cuando el motor empiece a funcionar después de presionar el botón “CONECTAR”. Si se selecciona “CONTACTORES” aparece la aplicación que se muestra en la figura 6.20 y si se selecciona “SEÑALES” la de la figura 6.21.

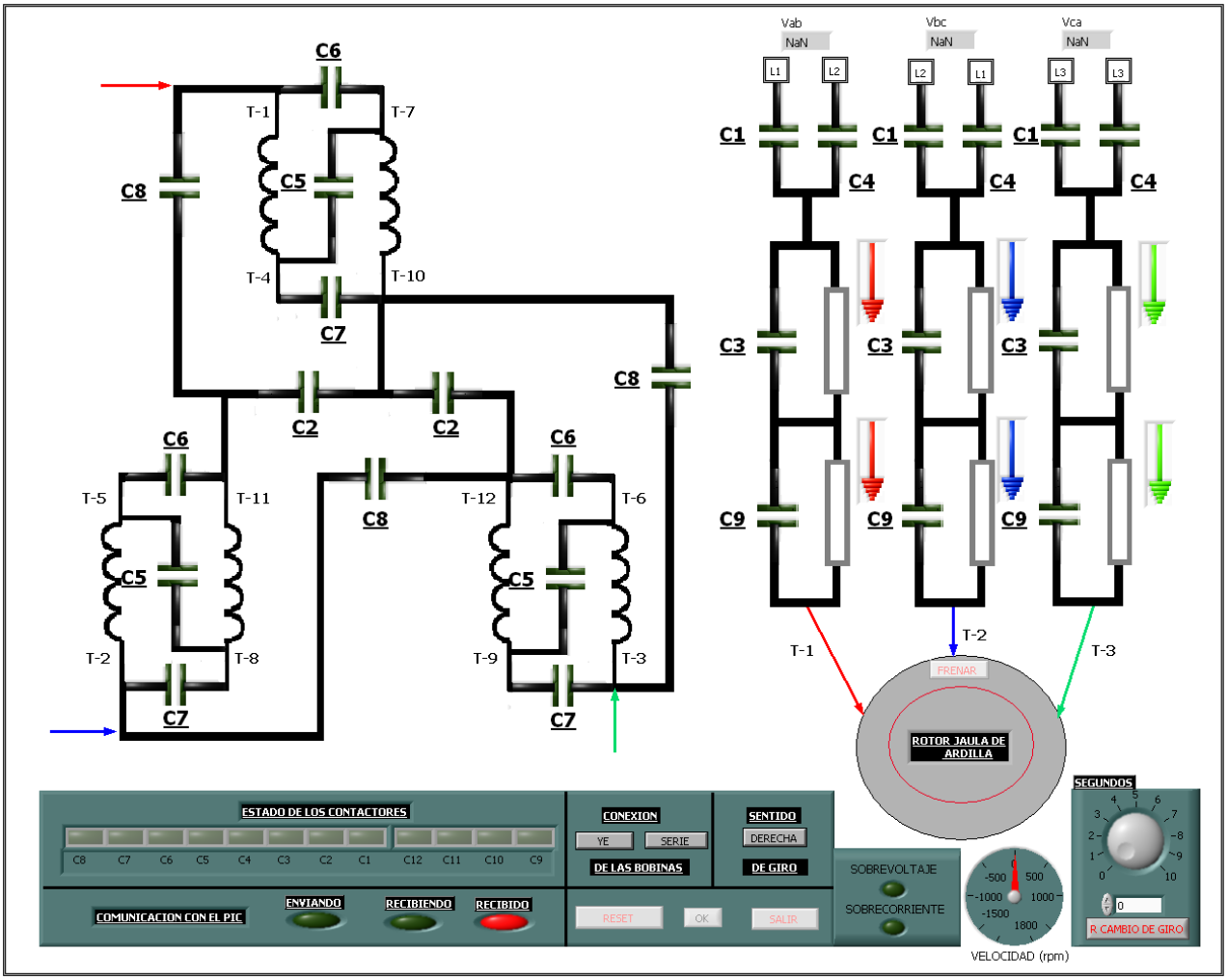


Figura 6.20, Pantalla de contactores.

Esta aplicación muestra la conexión que tiene el motor cerrando los contactos que aparecen en el gráfico. Desde esta aplicación es posible realizar algunas operaciones sobre el motor como: cambiar la conexión

del motor sobre la marcha, frenar el motor, cambiar de giro, conectar resistencias externas al rotor devanado y desconectar al motor.

Para cambiar la conexión del motor se utilizan los botones con las etiquetas “YE / DELTA”, “SERIE / PARALELO” y “DERECHA /IZQUIERDA”; con esos botones se coloca la conexión deseada y luego se presiona el botón “OK” para ejecutar los cambios. Se recomienda hacer no más de un cambio por vez, es decir si se quiere cambiar de Ye-Serie a Delta-Paralelo primero se hace el cambio de serie a paralelo y luego de Ye a delta o viceversa pero no ambos al mismo tiempo.

Para realizar cambios de giro primero se debe especificar el tiempo que estará conectada la resistencia de cambio de giro, esto se lo realiza con la perilla que se encuentra en la parte inferior derecha de la figura 6.20, luego de especificar el tiempo (en segundos) con la perilla se presiona el botón “R_CAMBIO DE GIRO”, luego de lo cual se utiliza el botón “DERECHA/IZQUIERDA” y luego “OK” para efectuar el cambio de giro. Durante el cambio de giro los botones “OK”, “RESET”, “FRENAR” y “SALIR” se deshabilitan hasta que la operación haya terminado.

En esta pantalla también hay indicadores de sobrecorriente y sobrevoltaje, los cuales utilizan los valores nominales de placa del motor para encenderse.

Para desconectar al motor y regresar a la pantalla de arranques (Figura 6.18) se presiona “RESET”, para frenarlo y regresar a la pantalla de arranques “FRENAR” y para salir “SALIR”.

A continuación se muestra y explica la aplicación “SEÑALES” que se mencionó en la explicación de la aplicación de la Figura 6.18.

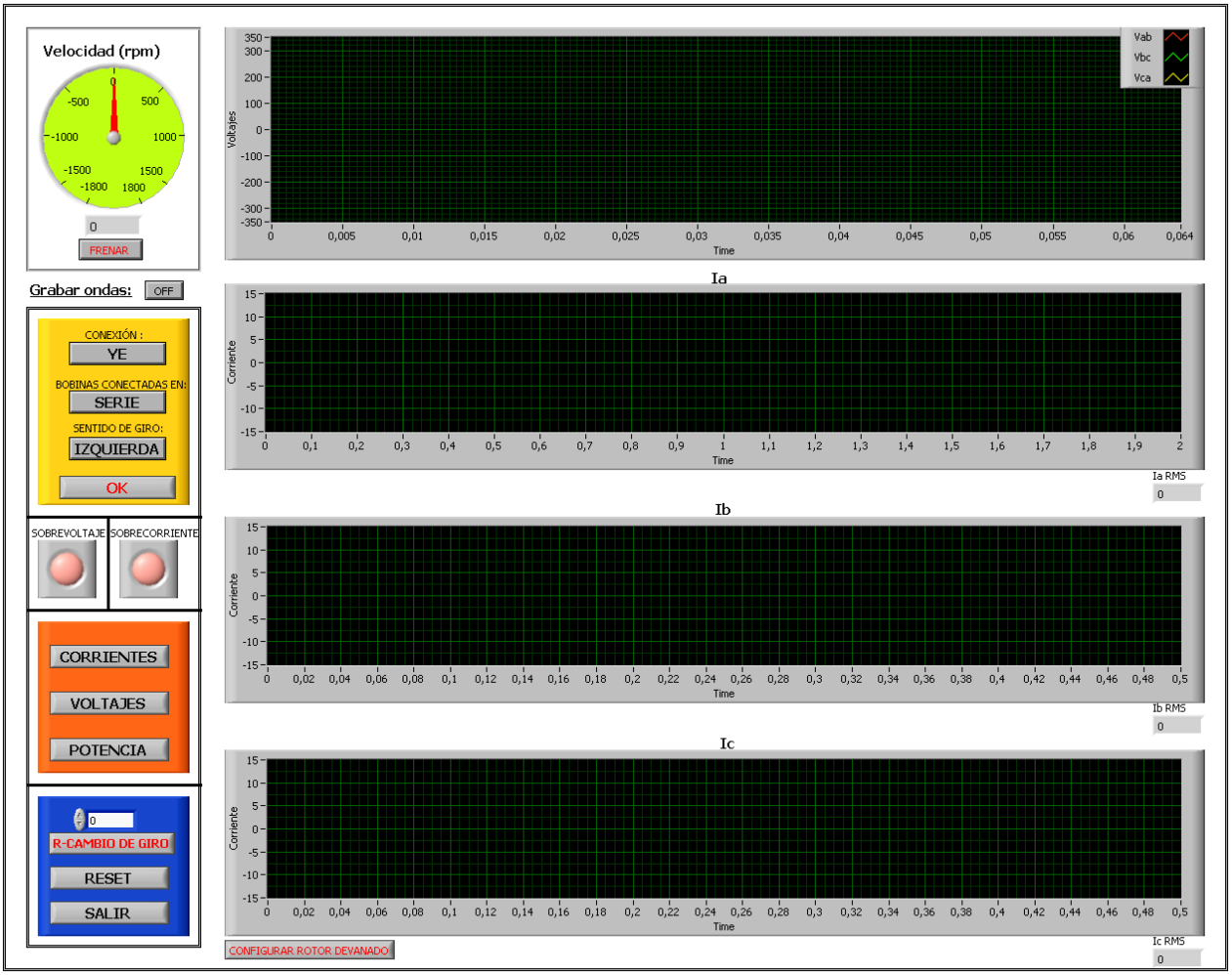


Figura 6.21, Visualización de señales

Con esta aplicación se pueden realizar los mismos cambios que con la aplicación anterior, pero se diferencian en qué se visualiza. En esta aplicación no se visualiza el estado de los contactores que forman la conexión del motor, se visualizan las señales eléctricas internas del motor. En el primer cuadro negro se visualizan los tres voltajes de línea

que alimentan al motor o los voltajes generados por el generador AC. A continuación en cada cuadro posterior se muestran las corrientes de fase. También se visualiza la velocidad de la máquina (en rpm) en la parte superior izquierda.

Otra característica importante de esta pantalla es que permite grabar las ondas que se están visualizando, cuando la aplicación se ejecuta se advierte de que se grabarán las ondas por defecto. Para desactivar esta opción se presiona el botón que está con la etiqueta “GRABAR ONDAS” y se lo coloca en “OFF”. El objetivo de grabar las ondas es el de poder analizar los transientes que ocurren, para lo cual existe otra aplicación que se explicará más adelante.

Para visualizar las características de los voltajes y las corrientes se presionan los botones “VOLTAJES” y “CORRIENTES” los cuales muestran pantalla similares a la figura 6.22. La potencia aparente, real y reactiva se muestran con el botón “POTENCIA”, su pantalla aparece en la figura 6.23.

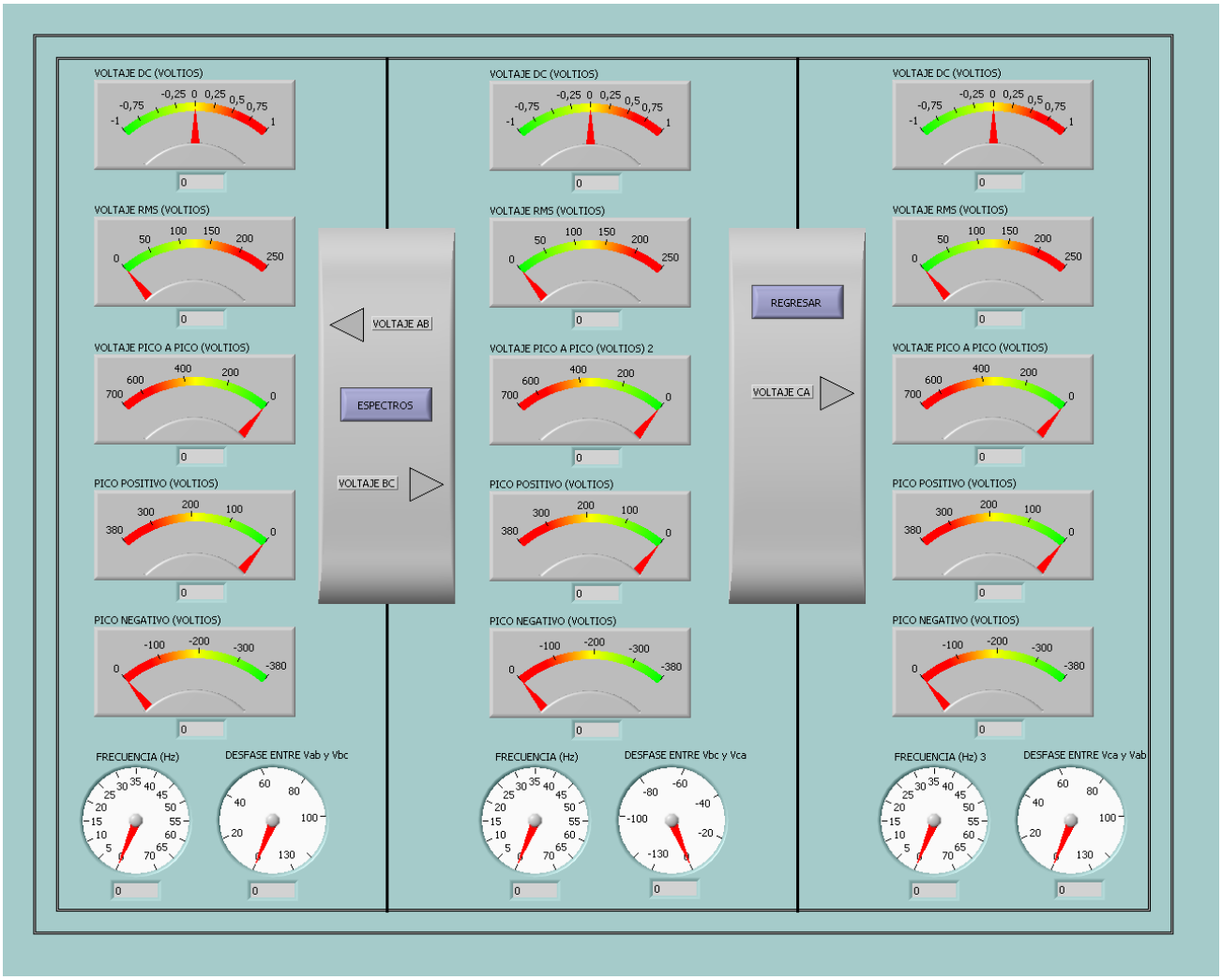


Figura 6.22, Análisis de los voltajes de línea

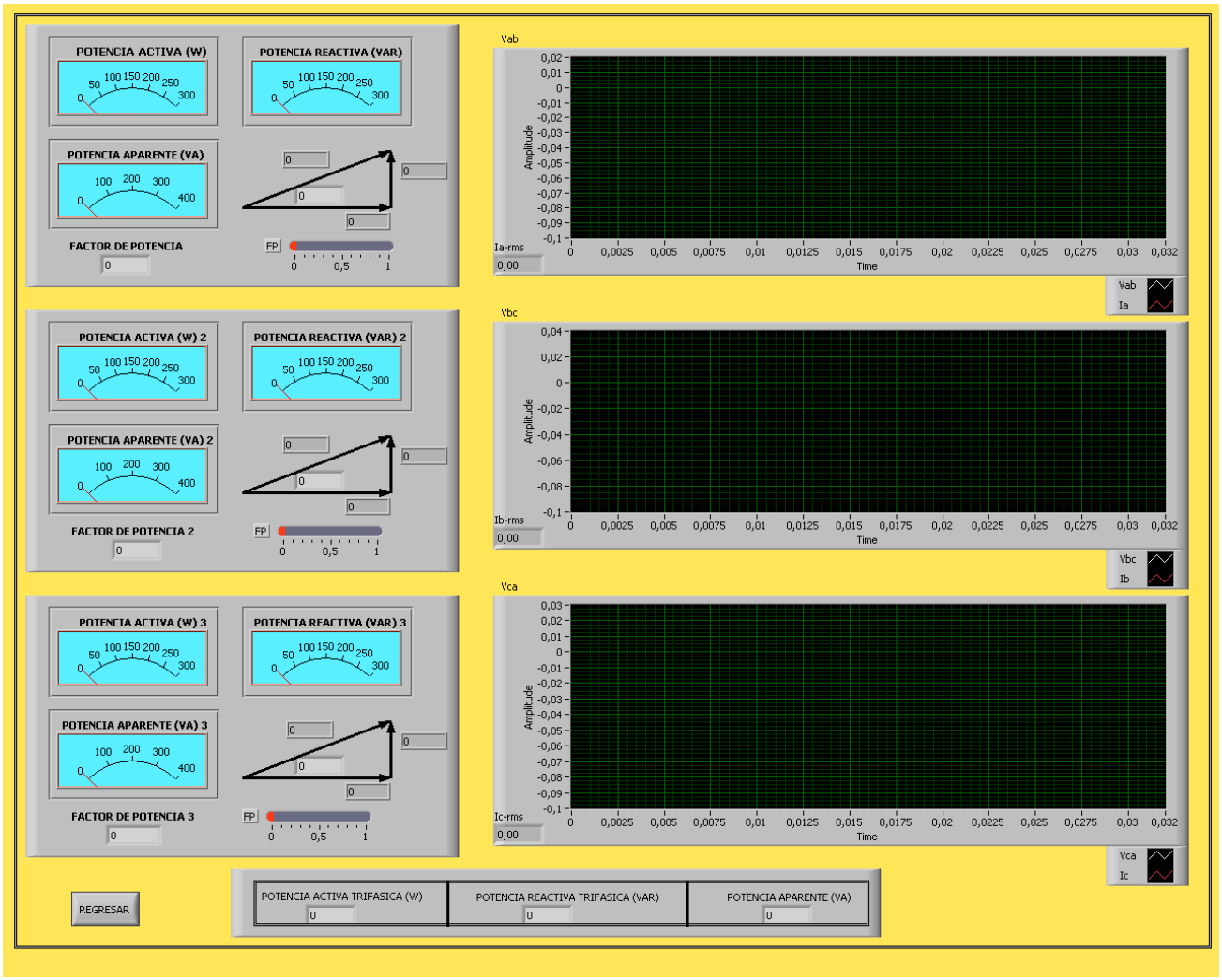


Figura 6.23, Análisis de potencia.

Cuando se desea analizar las ondas que se grabaron en la aplicación de la figura 6.21 se debe ejecutar la aplicación “RECORD DE ONDAS”, la cual se muestra en la figura 6.24.

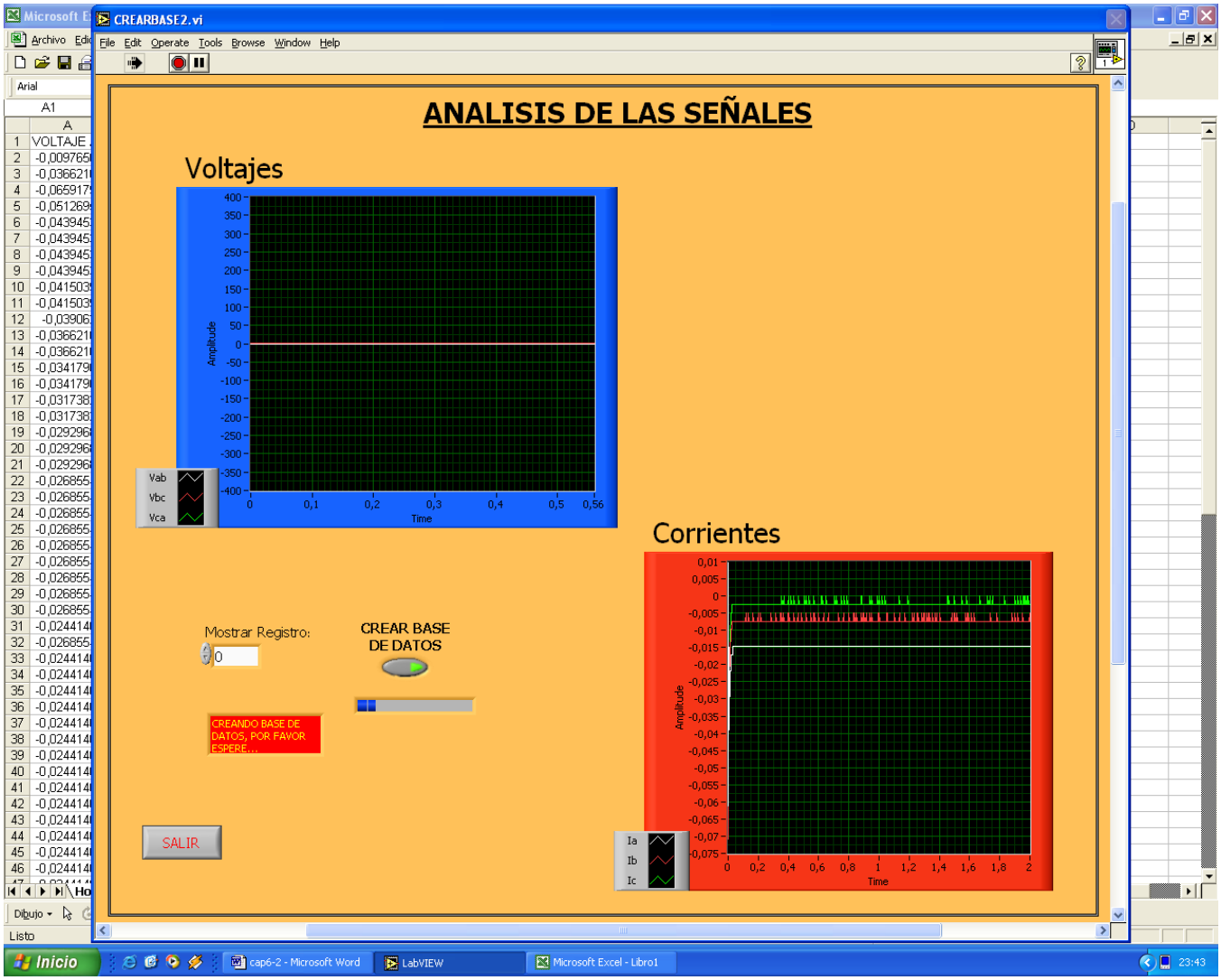


Figura 6.24, Record de ondas.

Cuando se ejecuta esta aplicación se abre un libro de “EXCEL” como se muestra en el fondo de la figura 6.22. El record de las ondas esta formado por “fotos” o “registros”, en cada registro hay una “foto instantánea” de los voltajes de línea y las corrientes de fase. Para ver los diferentes “registros” o “fotos” se utiliza el control que tiene la etiqueta “MOSTRAR REGISTRO”, en este control se ingresa un número el cual corresponde a un “registro” con el grupo de ondas antes mencionados. Los voltajes de línea que corresponden al “registro” seleccionado se muestran en la parte superior izquierda y las corrientes en la parte inferior derecha, de esta forma se puede buscar al grupo de ondas que contiene información interesante. Cuando se localice al grupo de ondas de interés se presiona el botón que tiene la etiqueta “CREAR BASE DE DATOS” con lo cual empieza a llenarse la hoja de EXCEL que se abrió, más información sobre el contenido de la hoja de EXCEL se encuentra en el capítulo 9.

CAPITULO 7

7. CIRCUITOS EQUIVALENTES DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS

7.1 Ecuaciones para calcular los circuitos equivalentes.

7.1.1 Generalidades de los circuitos equivalentes.

Los circuitos equivalentes son modelos matemáticos que representan a máquinas reales y nos sirven para predecir el comportamiento de dichas máquinas en diversas situaciones.

Para obtener los circuitos equivalentes se deben hallar experimentalmente los parámetros que contiene el circuito equivalente, esto se logra con diversas pruebas como son los

ensayos de corto circuito y circuito abierto para un transformador y los ensayos de rotor bloqueado y en vacío de un motor AC.

7.1.2 Circuito equivalente del motor AC trifásico KATO.

El circuito equivalente del motor AC KATO se representa en la figura 7.1.

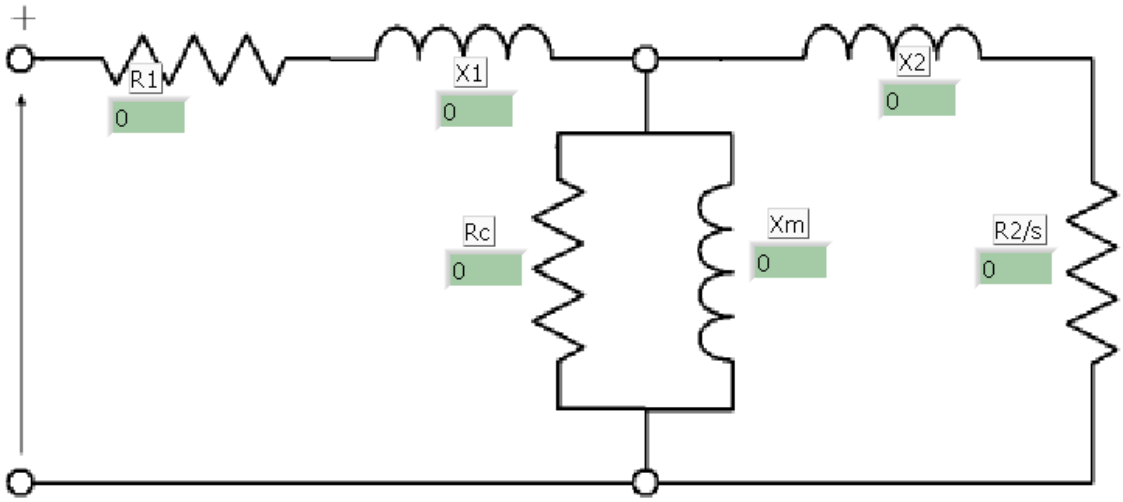


Figura 7.1, Circuito equivalente del motor KATO.

Los parámetros mostrados en el circuito equivalente representan:

R1: Resistencia del Estator (por fase).

R2/s: Resistencia del rotor, la cual varía con el deslizamiento.

X1: Reactancia del Estator (por fase).

X2: Reactancia del rotor.

Xm: Reactancia de magnetización.

Rc: Resistencia de magnetización.

Para encontrar los parámetros antes mencionados se deben realizar 2 pruebas: el ensayo en vacío y el ensayo de rotor bloqueado.

El ensayo de rotor bloqueado consiste en energizar el motor con el rotor bloqueado y hacer fluir por los embobinados la corriente nominal del motor, al hacer esto el deslizamiento es máximo (es decir 1) y la frecuencia eléctrica del estator y el rotor es la misma. Hay que recordar que la corriente que se muestra en las diferentes pantallas de LabView es la corriente de línea, por lo tanto depende de la conexión del motor (ye o delta) el valor

de la corriente nominal que se hará fluir, LabView indica si hay sobrecorriente ya que tiene un algoritmo (Icheck) que determina la corriente de fase máxima tomando en cuenta la conexión del motor.

Tomando en cuenta las consideraciones antes expuestas el circuito equivalente del motor con el rotor bloqueado se muestra en la figura 7.2.

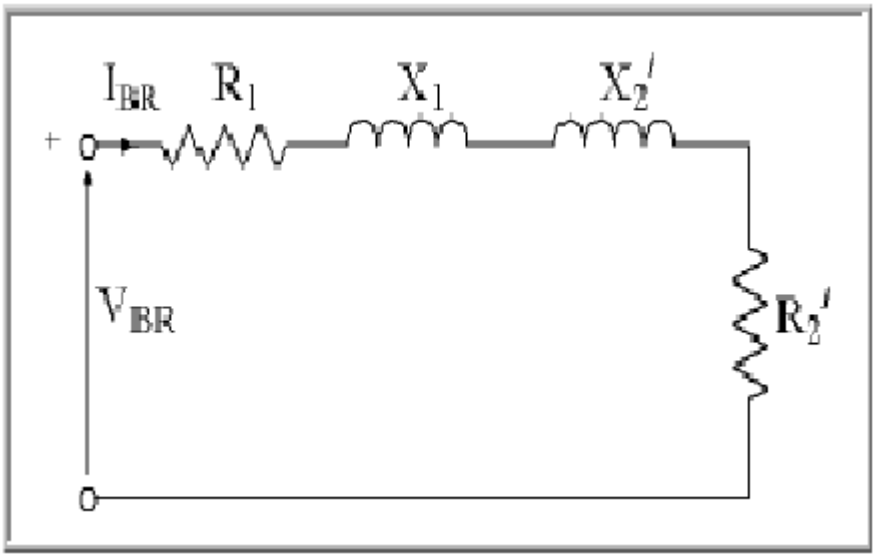


Figura 7.2, Circuito equivalente con el rotor bloqueado.

Donde V_{BR} es el voltaje en el cual se consigue la corriente nominal con el rotor bloqueado, X1 es la reactancia del estator, X2 es la reactancia reflejada del rotor y R2 la resistencia reflejada del rotor. Después de realizar este ensayo se obtiene X1+X2 lo cual es llamada Xe (reactancia equivalente), no es posible saber de forma sencilla y con certeza los valores de X1 y X2 ya que se necesita la relación de vueltas entre el rotor y el estator, esto no afecta a los posteriores cálculos porque en todas las ecuaciones aparece X1+X2, es decir Xe, la cual sí se encuentra con éste ensayo. También se halla el valor de R1+R2 al que se llama Re (resistencia equivalente), debido a que R1 se conoce fácilmente (midiendo la resistencia en las bobinas del estator), se determina R2 por simple sustracción. En resumen las ecuaciones utilizadas en este ensayo son:

$$Z_e = \frac{V_{BR}}{I_{BR}}$$

$$R_e = \frac{P_{BR}}{I_{BR}^2}$$

$$X_e = \sqrt{Z_e^2 - R_e^2}$$

$$R_e = R_1 + R_2$$

$$P_{BR} = V_{BR} \cdot I_{BR} \cdot fp$$

El ensayo en vacío consiste en energizar con el motor con voltaje nominal y dejar que funcione sin carga alguna, esto ocasiona un deslizamiento muy pequeño y R2/s es muy grande de tal forma que la corriente en el rotor es despreciable; en el lado del estator toda la corriente fluye por sus embobinados y por la rama de magnetización (o el núcleo) del motor. Este ensayo sirve para hallar los parámetros restantes, es decir: Rc y Xm, pero la pantalla de LabView que muestra este ensayo muestra otras magnitudes como son: la corriente que pasa por Rc y la potencia que ésta absorbe, la corriente que pasa por Xm y el voltaje en la rama de magnetización E1. Una vez más LabView controla que el voltaje con el que se alimenta al motor no esté sobre el valor máximo que acepta el motor con la conexión que se esté realizando. El algoritmo que determina el voltaje máximo de fase que el motor puede recibir se llama Vcheck.

Este algoritmo realiza la conversión cuando es necesaria de los voltajes de línea en voltajes de fase y determina el máximo voltaje que el motor puede recibir, ya que depende de la conexión de las bobinas (serie o paralelo) en cada fase.

El circuito equivalente para éste ensayo se muestra en la figura 7.3.

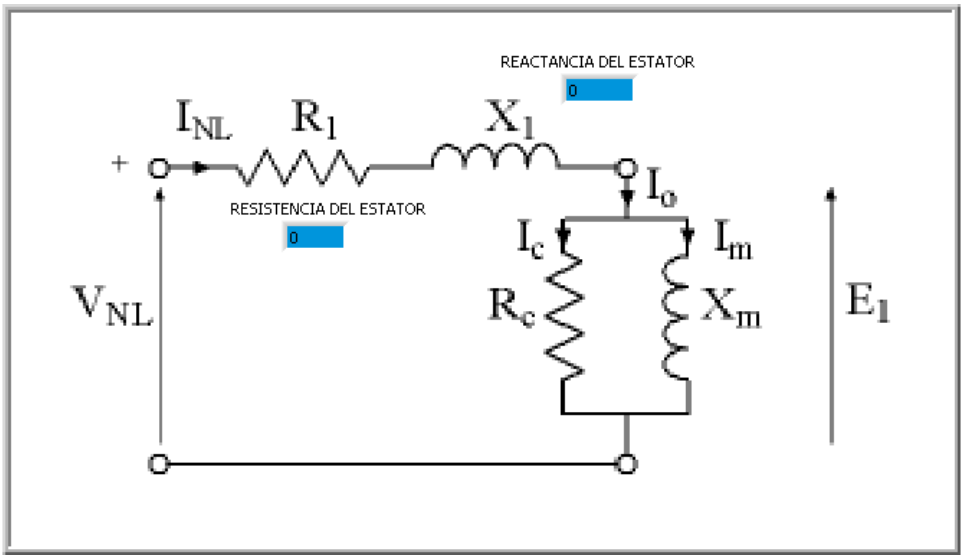


Figura 7.3, Circuito equivalente del motor en vacío.

Donde V_{NL} es el voltaje de fase aplicado al motor sin carga, I_{NL} es la corriente que fluye por la fase del motor sin carga, Ic e Im son las componentes de la corriente Io que fluye por el núcleo. Las ecuaciones que se utilizaron para realizar los cálculos en este ensayo son:

$$E_1 = V_{NL} - I_{NL} \cdot Z_1$$

$$Z_1 = \sqrt{R_1 + X_1}$$

$$P_C = P_{NL} - I_{NL}^2 \cdot R_1$$

$$I_C = \frac{P_C}{E_1}$$

$$I_m = \sqrt{I_{NL}^2 - I_C^2}$$

$$R_C = \frac{E_1^2}{P_C}$$

7.2. Pantallas de LabView para las diferentes pruebas.

A continuación se muestran las pantallas de LabView encargadas de controlar las pruebas o ensayos antes descritos y obtener los valores o parámetros utilizando las ecuaciones anteriormente expuestas.

La primera pantalla que se mostrará es la que indica qué prueba o ensayo se realizará, en esta pantalla se debe indicar qué tipo de conexión se le hará al motor, luego de que se ingrese la conexión deseada presionando los botones con las etiquetas de YE/DELTA y

SERIE/PARALELO se presiona “EMPEZAR” para iniciar las pruebas. La figura 7.4 muestra la aplicación “PRUEBAS PARA EL MOTOR AC”:

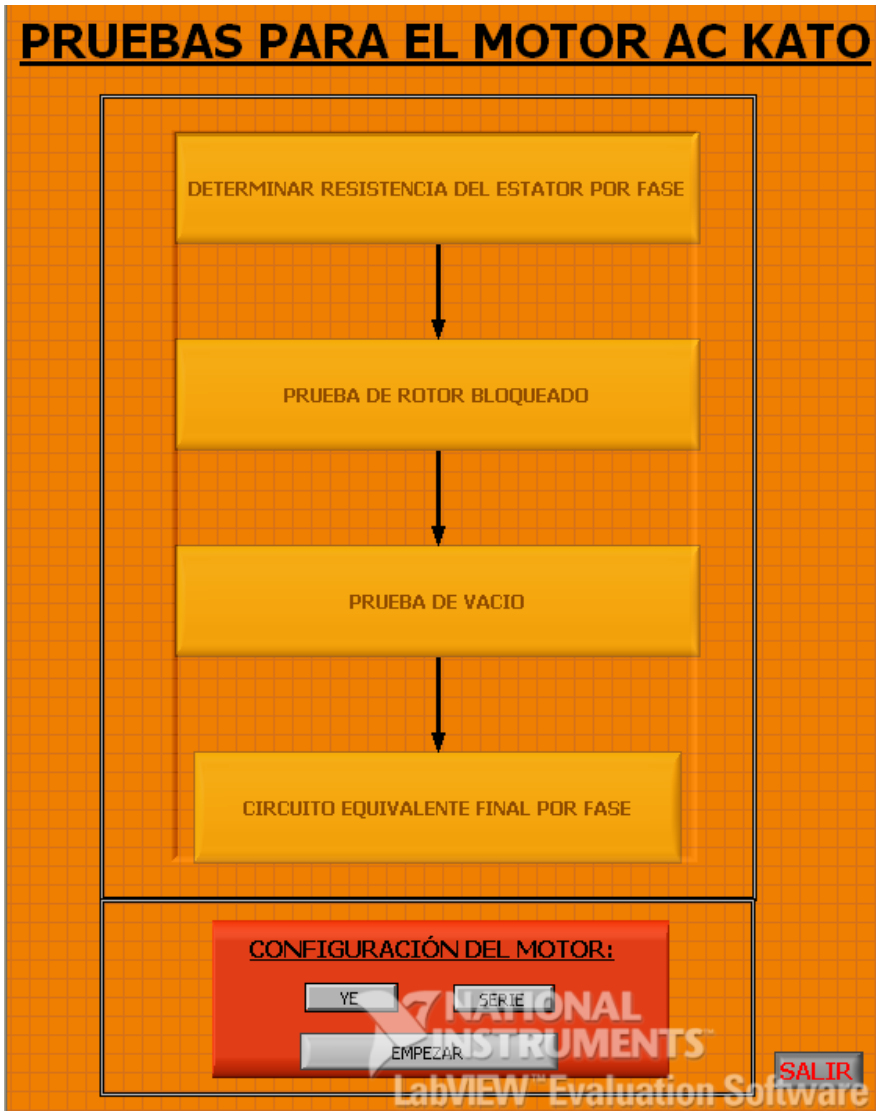


Figura 7.4, Pruebas para el motor AC

Luego de que se presiona “EMPEZAR” se abre una pequeña ventana en la que se pide ingresar la resistencia del estator. (Figura 7.5)

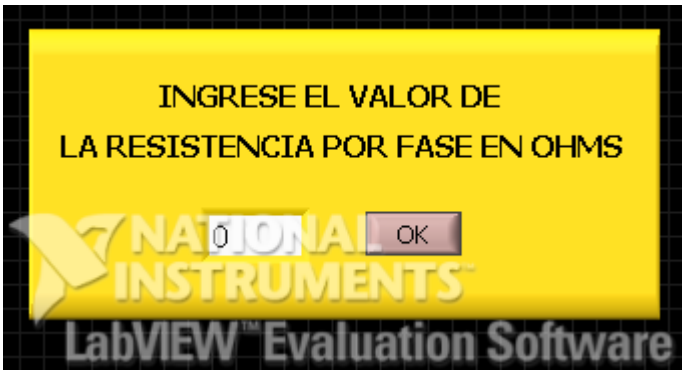


Figura 7.5, Resistencia del estator.

Se ingresa el valor del resistencia en ohmios y se presiona “OK”, si se ingresa el valor “0” como resistencia, LabView no lo acepta y le pide que ingrese un valor diferente de cero. (Figura 7.6)

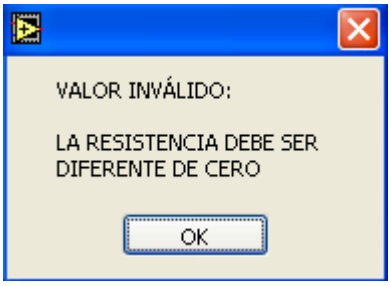
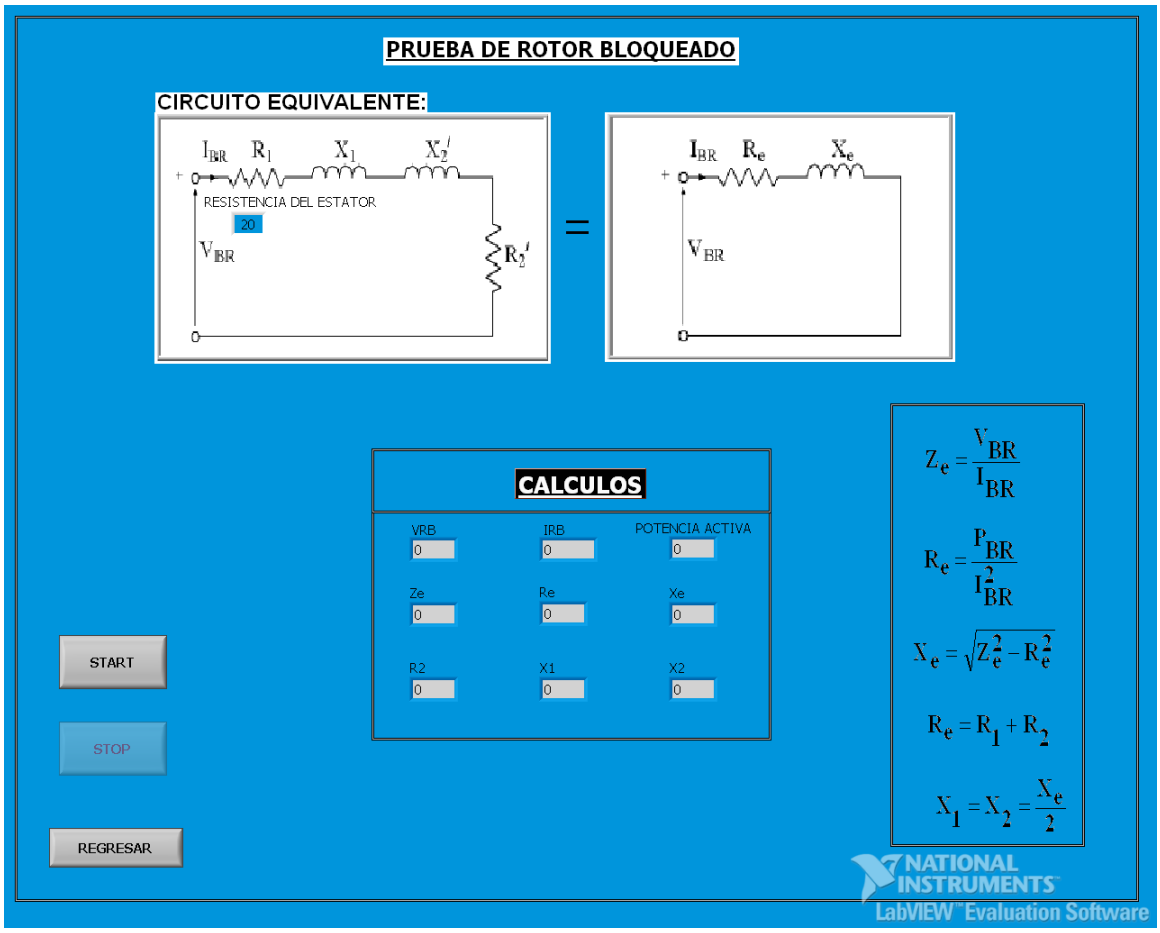
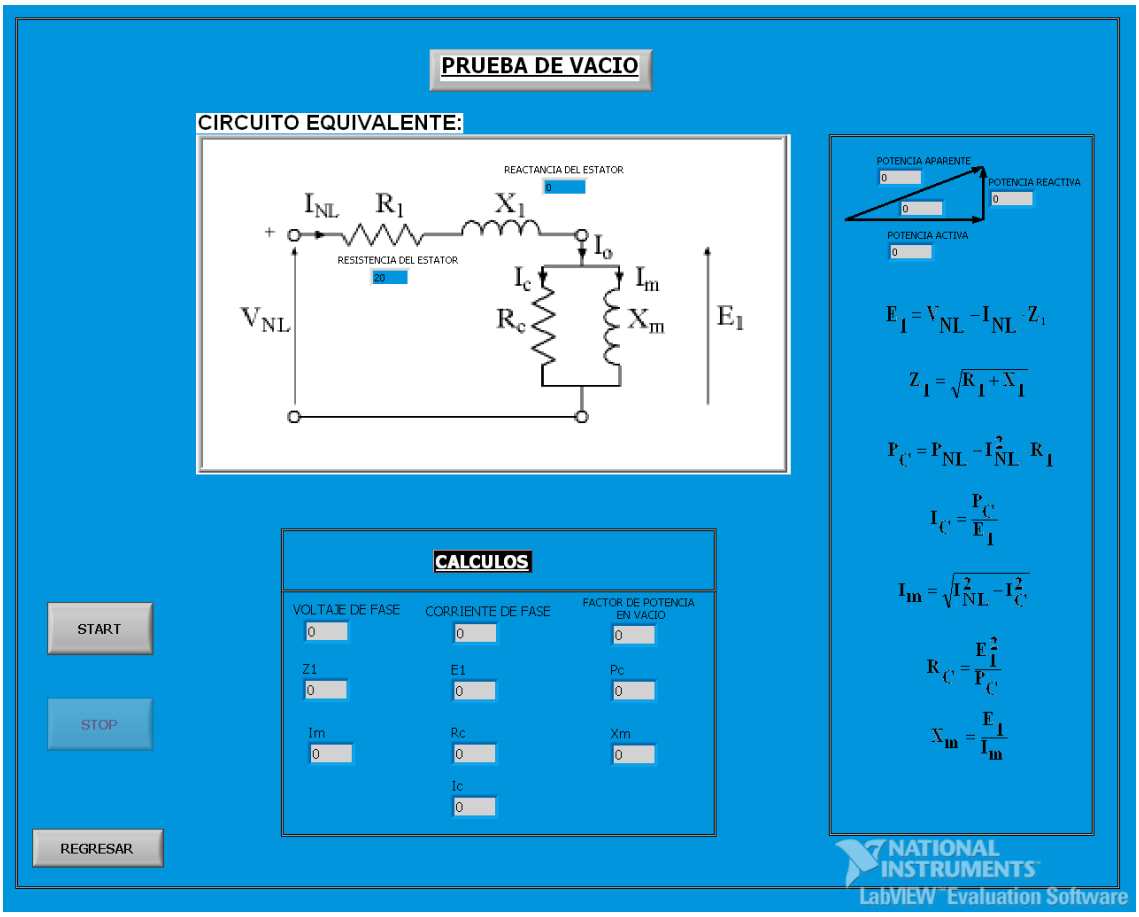


Figura 7.6, Valor de resistencia inválido.

La siguiente pantalla que se muestra es la del ensayo o prueba de rotor bloqueado, en ésta pantalla se presiona “START” después de que se ha puesto el VARIAC en cero para iniciar la prueba, en caso de que el VARIAC no esté en cero LabView no autorizará el inicio de la prueba, luego de que se ha puesto en cero el VARIAC y se ha trabado el rotor, se inicia la prueba, cuando se tienen los datos y los parámetros calculados en la pantalla se debe presionar “STOP” para terminar el ensayo y luego “REGRESAR” para seguir con la siguiente prueba. A continuación se muestra la pantalla del ensayo de rotor bloqueado:



Después de presionar “REGRESAR” se abre la pantalla del ensayo de vacío o la prueba de vacío, para ésta prueba se debe energizar el motor con los voltajes correctos y después se presiona “START”, cuando se tengan los datos se presiona”STOP” para terminar la prueba, luego se debe presionar “REGRESAR” para mostrar el circuito equivalente final, la pantalla de la prueba de vacío se muestra a continuación:

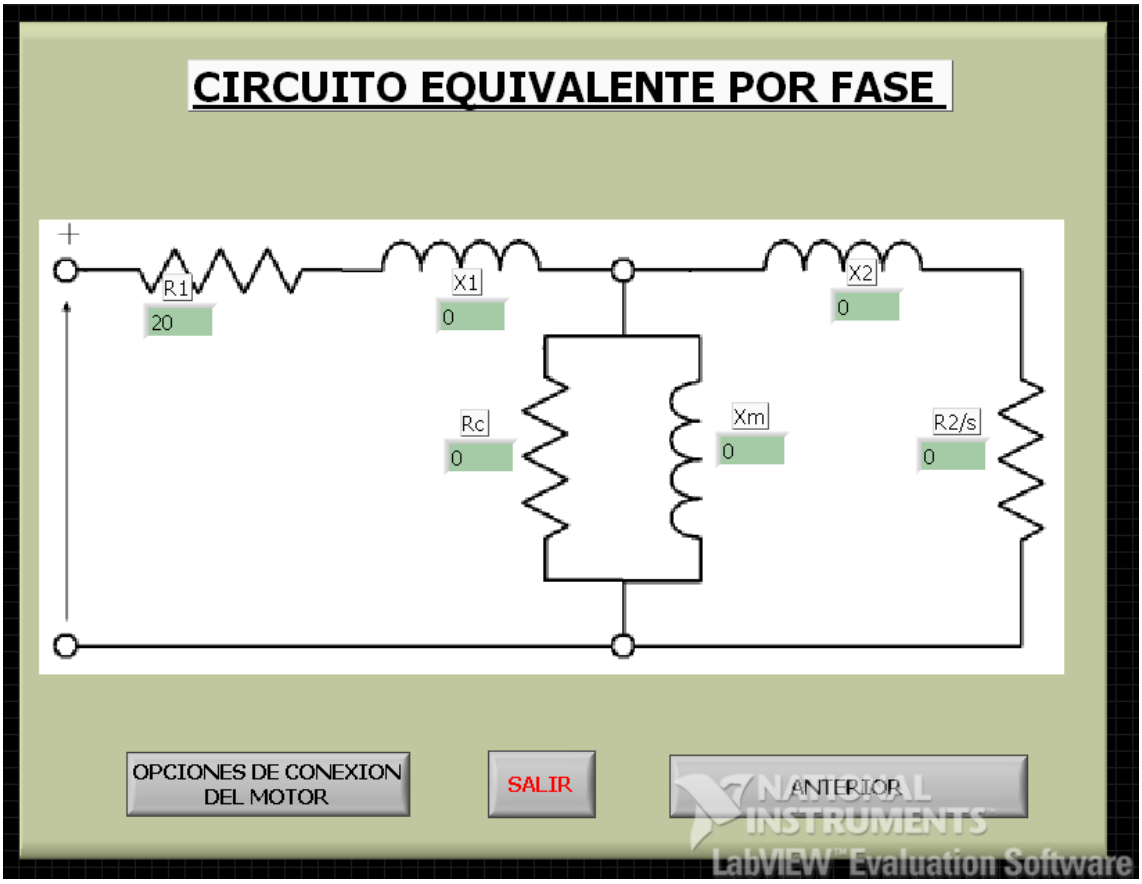


La última pantalla corresponde al circuito equivalente final por fase del motor KATO, en ésta pantalla se muestran los valores de todos los parámetros del circuito equivalente. Esta pantalla ofrece 3 opciones: “OPCIONES DE CONEXIÓN DEL MOTOR”, “SALIR” y “ANTERIOR”.

Si se presiona el botón de “OPCIONES DE CONEXIÓN DEL MOTOR”, se abre una pantalla para configurar el arranque del motor entre otras cosas. Esta pantalla se explicó en detalle en el manual de usuario (capítulo 6).

Si se presiona “SALIR” se cierra la aplicación (se cierra todo LabView) y si se presiona “ANTERIOR” se regresa a la pantalla “PRUEBAS PARA EL MOTOR AC KATO”, es decir se vuelven a hacer las pruebas.

La pantalla en mención es la siguiente:



CAPITULO 8

8. MONITOREO DE SEÑALES

8.1. Pantallas de adquisición de datos.

En este capítulo se mostrarán las pantallas que se encargan de la adquisición de datos y se explicará su funcionamiento.

Hay varias pantallas o aplicaciones que se encargan de la adquisición de datos pero todas se basan en el mismo principio, por lo tanto se mostrará y se explicará la más importante, de allí se originan el resto.

La aplicación de adquisición de datos más importante se llama “SEÑALES” y se abre después del menú de arranques del motor, el diagrama de bloques (o la programación) de la parte encargada de la adquisición de datos se muestra en la figura 8.1.

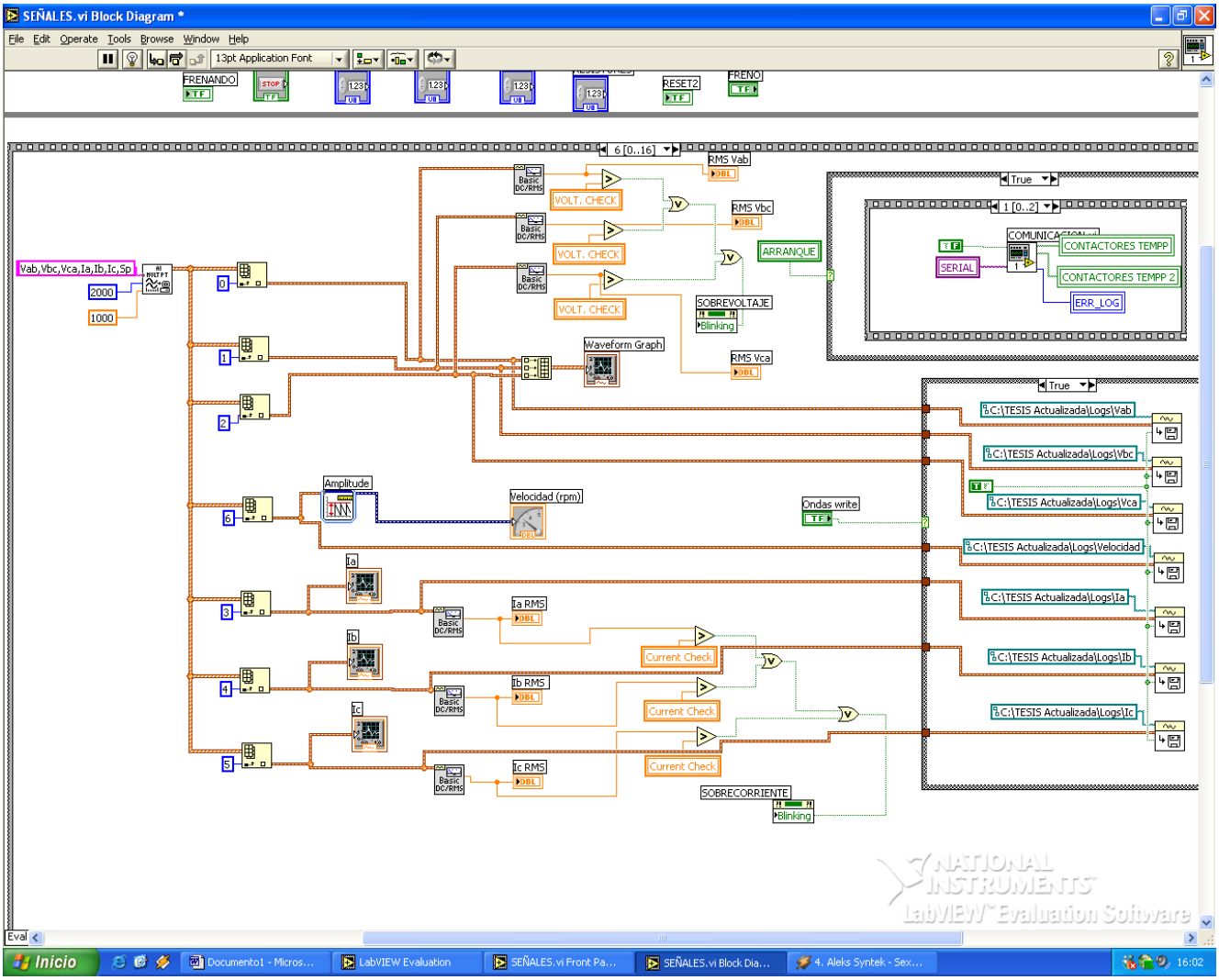


Figura 8.1, Diagrama de bloques para la adquisición de datos.

En esta parte de la aplicación se adquieren varias señales a la vez por medio de la función “AI Acquire Waveforms.vi” que se encuentra en la paleta de funciones “Data adquisition” dentro el menú “Analog Input”. Esta función permite adquirir datos de varios canales a la vez (figura 8.2).

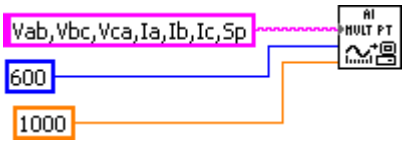


Figura 8.2, AI Acquire Waveforms.vi

Para la adquisición de datos se tomó en cuenta el criterio de Nyquist que manifiesta que la frecuencia de muestreo debe ser al menos 4 veces la frecuencia de la señal muestreada, por esta razón y por motivos experimentales se escogieron 600 muestras y un muestreo de 1000 muestras por segundo. La mayoría de las señales que se muestrean son de 60 Hz.

Para la adquisición de datos se usa el concepto de los canales virtuales que se explicaron en el capitulo 4. En la programación que se mostró se adquieren los 3 voltajes de línea, las 3 corrientes de línea y la velocidad.

La función “AI Sample Waveforms.vi” adquiere las señales y las agrupa en un arreglo (array) de tipo tabla (un array de tablas), en las cuales se guardan los valores de la variable muestreada vs el tiempo relativo al inicio de la adquisición.

Cuando ya se tiene el array de tablas se muestra la gráfica de cada señal, para lo cual hay que ingresar al array de tablas, seleccionar una tabla y luego mostrarla en un gráfico utilizando el objeto “Waveform Graph”. Para la velocidad se utilizó un indicador numérico. Luego de extraer cada señal se procede a su análisis o al cálculo de valores DC y RMS y se los compara con los valores máximos permitidos para las diferentes conexiones del motor.

También se procede a grabar las señales si así lo permite el botón “GRABAR ONDAS”.

El procedimiento indicado para adquirir y manipular las ondas se lo utilizó en otras pantallas de manera idéntica, lo único que varió es la cantidad de señales que se adquirieron, por ejemplo para las pantallas de adquisición de datos de las pruebas del motor, sólo se adquieren el voltaje y la corriente de una fase.

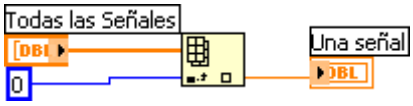
8.2. Análisis de las señales adquiridas.

El análisis de las señales de voltaje y corriente se lo realiza utilizando funciones incorporadas en LabView que permiten analizar ondas de una forma rápida y eficiente.

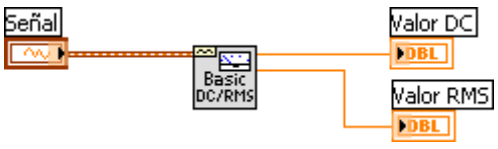
En LabView existen funciones que calculan valores DC y RMS de señales periódicas, otra calcula o indica la frecuencia de la señal, otra calcula el desfase entre dos señales y otras hacen análisis de las señales en el dominio de la frecuencia. También se detectan y

muestran los picos de voltajes y corrientes tanto negativos como positivos.

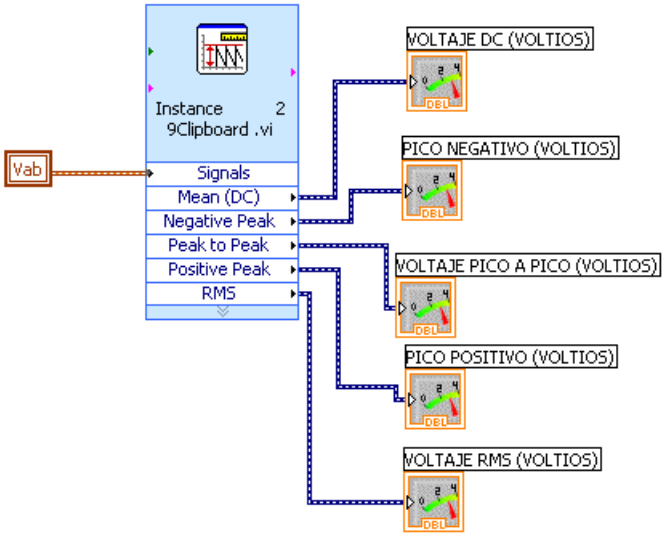
A continuación se explican las funciones utilizadas para realizar los diferentes cálculos o mediciones de las señales adquiridas:



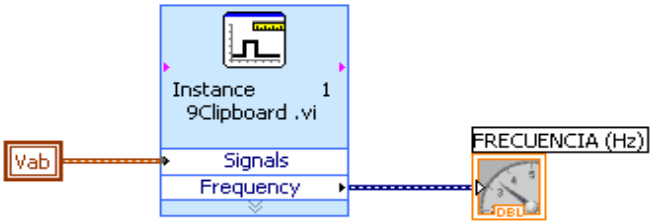
Index Array: Esta función permite extraer un elemento de un arreglo, en el caso de adquisición de datos extrae una señal (la posición 0 del ejemplo) del arreglo de señales que contiene algunas señales.



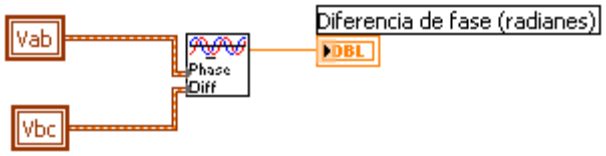
Basic DC/RMS: Esta función calcula el valor DC y el valor RMS de la señal que está ingresando en ella.



Amplitude and Level Measurements: Esta función contiene muchas funciones incorporadas, ingresa una señal (Vab) y se obtienen como salidas el valor DC, el pico negativo, el pico positivo, el valor pico a pico y el valor RMS de la señal que ingresó.



Timing and Transition Measurements: Esta función halla el valor de la frecuencia de la señal que ingresa (Vab).



Calculate Phase Difference: Esta función calcula la diferencia de fase entre dos señales que ingresan en ella (Vab y Vbc), el resultado lo calcula en radianes.

Los valores RMS obtenidos se utilizan para comparar si los voltajes y corrientes son menores que los máximos permitidos en las diferentes conexiones del motor.

CAPITULO 9

9. BASE DE DATOS

9.1 Objetivos.

LabView ofrece la facilidad de comunicarse con dispositivos de adquisición de datos y también ofrece la posibilidad de grabar o registrar las señales que están siendo monitoreadas.

El objetivo principal de crear una base de datos se debe a la necesidad de poder analizar las señales que se obtienen y para lograr aquello se debe tener registradas las señales ya que en las pantallas de LabView se observa lo que está pasando (con un pequeño retraso debido al muestreo) y lo que pasó o los datos anteriores se borran de la pantalla.

Otros objetivos de la base de datos es mostrar las corrientes de arranque, cómo cambia la velocidad, cómo cambian las señales con cambios de carga, etc. Todo esto se puede analizar con los datos que se guardan en la base de datos.

Con la disponibilidad de los datos pertenecientes a las señales del motor en diversas situaciones, los alumnos estarán en capacidad de analizar y graficar otras curvas que sean de su interés, lo único que deben hacer es buscar la ecuación adecuada que relacione los datos que se necesitan para hacer la gráfica.

En la base de datos que se crea se guardan también los parámetros hallados en las pruebas de rotor bloqueado y de vacío del motor; también se registra si estuvieron conectadas resistencias externas en el caso de un rotor devanado y todos éstos parámetros son tomados en cuenta para el cálculo del torque inducido.

9.2 Estructura de la base de datos.

La base de datos se crea en EXCEL automáticamente desde LabView por medio de archivos de texto, archivos especiales de LabView para registrar ondas y ActiveX (el cual se explicó en el capítulo 1) .

La base de datos se forma de la siguiente manera:

1.- LabView adquiere y muestra las señales en tiempo casi real.

2.- Las señales adquiridas son grabadas o registradas en archivos especiales de LabView.

3.- Los parámetros calculados en las pruebas de rotor bloqueado y de vacío son guardados en archivos de texto.

4.- Mediante AciveX se abre un libro de EXCEL y se trasladan los valores de las señales que estaban guardadas en los archivos especiales de LabView y de los archivos de texto a celdas en EXCEL.

5.- Se crea una hoja de EXCEL para cada parte de señal que se quiere analizar.

De ésta manera se crea la base de datos, la cual queda configurada de la siguiente manera: en las tres primeras columnas (A,B y C) se ubican los valores de los voltajes de línea a línea, en las siguientes tres columnas (D,E y F) se colocan los valores de las corrientes de línea, en la siguiente columna (G) se colocan los valores correspondientes a la velocidad, en las siguientes tres columnas (H, I y J) se ubica la conexión que tenía el motor en el momento que se registraron las señales, en la siguiente columna (K) se muestra el valor de la resistencia externa conectada al rotor (0 si no hay ninguna resistencia conectada).

En la siguiente columna (L) se muestran los valores de las pruebas de rotor bloqueado de vacío y la resistencia del estator: R1, R2, X1 y Xm, también se muestra el Voltaje RMS de cada fase.

En la siguiente columna (M) se muestran los valores de cálculos preliminares al cálculo del torque inducido, estos son: resistencia de Thevenin y el voltaje de Thevenin de cada fase. En la última columna (N) se muestra el Torque inducido en el motor.

Cuando se presiona “CREAR BASE DE DATOS” se debe prestar atención al número de registro que se muestra debajo de la gráfica de voltajes, este valor indica qué parte de la señal se está viendo, es decir, si el número es el cero se están mostrando las primeras 600 muestras de todas las señales grabadas y se creará la base de datos en una hoja de EXCEL con sólo las 600 primeras muestras de las señales, se puede seleccionar cualquier parte de la señal por medio de el control que dice “MOSTRAR REGISTRO”, para cada parte de la señal (o 600 muestras) se crea una hoja en EXCEL, es decir una base de datos para cada pedazo de la señal. Para cerrar la aplicación se presiona “SALIR”.

CAPITULO 10

10. SOFTWARE DE LA APLICACIÓN.

10.1 Programa en Assembler para el PIC.

```
LIST        P=PIC16F877A

        RADIX       HEX

        INCLUDE     "P16F877A.INC"
        INCLUDE     "PIC_CONF.ASM"
        INCLUDE     "TECLCD.ASM"
        INCLUDE     "TXDATOS.ASM"
        INCLUDE     "VCONEXION.ASM"


TEMPORALREG_1       EQU     0x30
TEMPORALREG_2       EQU     0x31
TEMPORALREG_3       EQU     0x32
TEMPORALREG_4       EQU     0x33
R_ERROR             EQU     0x34
TEMPO               EQU     0x40
TEMPOX              EQU     0x41
OPCODE              EQU     0x50
```

```
OPCODEANT           EQU     0x51
CONFIG              EQU     0x52
TARRANQUE           EQU     0x53
C_ORDENADA          EQU     0x54
C_ORDENADA_2        EQU     0x55
C_EJECUTADA         EQU     0x56
C_EJECUTADA_2       EQU     0x57
STOPLOG             EQU     0x58
YDLOG               EQU     0x59
ROTDEVAN            EQU     0x60
RROTDEV1            EQU     0x61
RROTDEV2            EQU     0x62
TIMER1              EQU     0x48
TIMER2              EQU     0x49
TIMEYD              EQU     0x4A
ARRANQUEYD          EQU     0x66
ARRANCO             EQU     0x67
INICIO              EQU     0x68
GIRO_1              EQU     0x69
GIRO_2              EQU     0x6A
GIRO_X              EQU     0x6B
CGIRO               EQU     0x6C
PARAMETRO           EQU     0x35
TECLADOIN           EQU     0x36
SALIDA              EQU     0x37
TIEMPOCG            EQU     0x38
TIEMPOCG_2          EQU     0x39
TIEMPOCG_3          EQU     0x3A
DDRAM               EQU     0x3B
TIEMPOR1L           EQU     0x3C
TIEMPOR1H           EQU     0x3D
TIEMPOR2L           EQU     0x3E
TIEMPOR2H           EQU     0x3F
TIEMPOYDL           EQU     0x42
TIEMPOYDH           EQU     0x43
DATO_D              EQU     0x44
INTERPC             EQU     0x45
RESISTENCIAS        EQU     0x46
YEDELTA             EQU     0x47
INTER1              EQU     0x6D
INTER2              EQU     0x6E
INTER3              EQU     0x6F
INFLAG              EQU     0x70
COMPARAR            EQU     0x71
```

```
CONTADOR                EQU     0x72

        ORG             0x00
        GOTO    PROGRAM

        ORG             0x04
        GOTO    INTERRUPCION


PROGRAM
        PIC_CONF
        NOP
        TECLCD

PROGRAMA
        CLRF    CONTADOR
        CLRF    INICIO
        CLRF    INFLAG
        CLRF    R_ERROR
        CLRF    STOPLOG
        CLRF    C_ORDENADA_2
        BSF     INTCON,7
        CLRF    RROTDEV1
        CLRF    RROTDEV2
        BSF     PORTC,5
        BCF     PORTC,4
        CALL    RECEPCION_SET_UP

DEF_OPERACION
        MOVF    INTERPC,F
        BZ      PC_INTER

NO_PC_INTER
        BSF             PORTC,5
        BCF             PORTC,4
        GOTO            COMPARACION
SINPC
        MOVF            OPCODE,W
        MOVWF           OPCODEANT
        MOVF            TARRANQUE,F
        BZ              DIR_COMUN
        MOVLW           .1
        SUBWF           TARRANQUE,W
```

```
                BZ          R_COMUN
                MOVLW       .2
                SUBWF       TARRANQUE,W
                BZ          YD_COMUN

ESPERAR
                MOVF        OPCODE,W
                MOVWF       OPCODEANT
                CALL        CHECKX
                MOVF        R_ERROR,F
                BNZ         INERROR_2
                BSF         C_ORDENADA_2,4
                BSF         PORTA,3
                MOVF        PORTE,W
                MOVWF       TECLADOIN
                BTFSC       TECLADOIN,1
                GOTO        CGIROX
                BTFSC       TECLADOIN,0
                GOTO        AMBASRESISTENCIAS
                MOVF        PORTA,W
                MOVWF       TECLADOIN
                BTFSC       TECLADOIN,4
                GOTO        RESISTENCIAUNO
                BTFSC       TECLADOIN,5
                GOTO        RESISTENCIADOS
                GOTO        ESPERAR

RESISTENCIAUNO
                CALL        SOLTAR
                MOVLW       .64
                MOVWF       RROTDEV1
                BSF         PORTA,2
                BSF         C_ORDENADA_2,6
                BCF         PORTA,1
                BCF         C_ORDENADA_2,5
                CLRF        RROTDEV2
                CALL        TEMPORIZADOR_3
                CALL        TEMPORIZADOR_3
                GOTO        ESPERAR

RESISTENCIADOS
                CALL        SOLTAR
                MOVLW       .32
                MOVWF       RROTDEV2
```

```
                BSF             PORTA,1
                BSF             C_ORDENADA_2,5
                BCF             PORTA,2
                BCF             C_ORDENADA_2,6
                CLRF            RROTDEV1
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                GOTO            ESPERAR

AMBASRESISTENCIAS
                CALL            SOLTAR
                MOVLW           .64
                MOVWF           RROTDEV1
                MOVLW           .32
                MOVWF           RROTDEV2
                BSF             PORTA,1
                BSF             C_ORDENADA_2,5
                BSF             PORTA,2
                BSF             C_ORDENADA_2,6
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                GOTO            ESPERAR

CGIROX
                CALL            SOLTAR
                MOVF            TIEMPOCG_3,W
                MOVWF           TIMER2
                BTFSS           OPCODE,4
                GOTO            DCERAUNO
                GOTO            DUNOACER


DCERAUNO
                BSF             OPCODE,4
                GOTO            CCG2

DUNOACER
                BCF             OPCODE,4
                GOTO            CCG2

PC_INTER
                BCF             INTCON,7
                CALL            CHECKX
                MOVF            R_ERROR,F
```

```
                BNZ             INERROR_2
                BSF             INTCON,7
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                MOVF            INFLAG,F
                SKPNZ
                GOTO            PC_INTER
TYU             CLRF            INFLAG
                BCF             INTCON,7
                MOVF            OPCODE,W
                MOVWF           OPCODEANT
                MOVF            TARRANQUE,F
                BZ              DIR_COMUN
                MOVLW           .1
                SUBWF           TARRANQUE,W
                BZ              R_COMUN
                MOVLW           .2
                SUBWF           TARRANQUE,W
                BZ              YD_COMUN
                MOVLW           .255
                SUBWF           TARRANQUE,W
                BZ              PROGRAMA
                GOTO            PC_INTER


INTERRUPCION
;RUTINA DE COMUNICACION
                INCF            CONTADOR
                MOVLW           .1
                SUBWF           CONTADOR,W
                BZ              DATO1
                MOVLW           .2
                SUBWF           CONTADOR,W
                BZ              DATO2
                MOVLW           .3
                SUBWF           CONTADOR,W
                BZ              DATO3
DATO1
                MOVF            RCREG,W
                MOVWF           INTER1
                RETFIE
DATO2
                MOVF            RCREG,W
                MOVWF           INTER2
```

```
                RETFIE
DATO3
                MOVF            RCREG,W
                MOVWF           INTER3
                CLRF            CONTADOR
                MOVLW           .204
                SUBWF           INTER1,W
                BNZ             NOCONF
                GOTO            CONFIGURACION

CONFBACK
                CLRF            INFLAG
                RETFIE


NOCONF          MOVF            INTER1,W
                MOVWF           OPCODE
CCG2            MOVF            INICIO,F
                BNZ             CCG
                MOVF            OPCODE,W
                MOVWF           OPCODEANT
CCG
                MOVLW           B'00010000'
                ANDWF           OPCODE,W
                MOVWF           GIRO_1
                MOVLW           B'00010000'
                ANDWF           OPCODEANT,W
                MOVWF           GIRO_2
                MOVF            GIRO_1,W
                SUBWF           GIRO_2,W
                BZ              COMPARACION
                BCF             PORTB,7
                BCF             PORTB,4
                BCF             C_ORDENADA,7
                BCF             C_ORDENADA,4
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            CHECKX
                MOVF            R_ERROR,F
                BNZ             INERROR_2

;REVISA LA CONEXION ANTERIOR(SER/PAR)
                MOVLW           B'00100000'
                ANDWF           OPCODEANT,W
```

```
                SKPNZ
                GOTO            L32
                MOVLW           .32
                MOVWF           TEMPORALREG_4
                GOTO            L33
L32
                CLRF            TEMPORALREG_4
L33
;REVISA EL SENTIDO DE GIRO ANTERIOR
                MOVLW           B'00010000'
                ANDWF           OPCODEANT,W
                SKPZ
                GOTO            L30
                MOVLW           .16
                MOVWF           GIRO_X
                GOTO            L31
L30
                CLRF            GIRO_X
L31
                MOVLW           B'00000111'
                ANDWF           OPCODEANT,W

;REVISA OPCODE ANTERIOR
                MOVWF           TEMPORALREG_3
                MOVLW           .1
                MOVWF           TARRANQUE
                MOVLW           .1
                SUBWF           TEMPORALREG_3,W
                BZ              YER
                MOVLW           .2
                SUBWF           TEMPORALREG_3,W
                BZ              DELTAR
                MOVLW           .3
                SUBWF           TEMPORALREG_3,W
                BZ              DELTAR
                MOVLW           .4
                SUBWF           TEMPORALREG_3,W
                BZ              YER
                MOVLW           .5
                SUBWF           TEMPORALREG_3,W
                BZ              DELTAR


YER
```

```
                MOVLW       .4
                MOVWF       OPCODE
                MOVF        GIRO_X,W
                ADDWF       OPCODE,F
                MOVF        TEMPORALREG_4,W
                ADDWF       OPCODE,F
                CLRF        TIMER1
                GOTO        COMPARACION

DELTAR
                MOVLW       .5
                MOVWF       OPCODE
                MOVF        GIRO_X,W
                ADDWF       OPCODE,F
                MOVF        TEMPORALREG_4,W
                ADDWF       OPCODE,F
                CLRF        TIMER1
                GOTO        COMPARACION

COMPARACION
;ASIGNACIÓN DEL CÓDIGO PARA CADA CONEXIÓN
                MOVLW       .17
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          YSD
                MOVLW       .1
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          YSI
                MOVLW       .50
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          DPD
                MOVLW       .34
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          DPI
                MOVLW       .18
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          DSD
                MOVLW       .2
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          DSI
                MOVLW       .49
                SUBWF       OPCODE,W
                BZ          YPD
                MOVLW       .33
                SUBWF       OPCODE,W
```

```
                BZ              YPI
                MOVLW           .20
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YSDR
                MOVLW           .4
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YSIR
                MOVLW           .52
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YPDR
                MOVLW           .36
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YPIR
                MOVLW           .21
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              DSDR
                MOVLW           .5
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              DSIR
                MOVLW           .53
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              DPDR
                MOVLW           .37
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              DPIR
                MOVLW           .19
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YDSD
                MOVLW           .3
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YDSI
                MOVLW           .51
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YDPD
                MOVLW           .35
                SUBWF           OPCODE,W
                BZ              YDPI
                GOTO            PROGRAMA

;ASIGNACIÓN DE LAS SALIDAS PARA ENERGIZAR
;LOS CONTACTORES NECESARIOS
YSD
                MOVLW           B'11101000'
                MOVWF           C_ORDENADA
```

```
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
YSI
            MOVLW       B'01111000'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
YPD
            MOVLW       B'11100110'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
YPI
            MOVLW       B'01110110'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
DSD
            MOVLW       B'10101001'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
DSI
            MOVLW       B'00111001'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
DPD
            MOVLW       B'10100111'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2
DPI
            MOVLW       B'00110111'
            MOVWF       C_ORDENADA
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        FIN2

YSDR
            MOVLW       B'11001000'
            MOVWF       C_ORDENADA
            MOVLW       .1
            MOVWF       TARRANQUE
            GOTO        FIN2
```

```
YSIR
        MOVLW       B'01011000'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2

YPDR
        MOVLW       B'11000110'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2
YPIR
        MOVLW       B'01010110'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2
DSDR
        MOVLW       B'10001001'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2
DSIR
        MOVLW       B'00011001'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2
DPDR
        MOVLW       B'10000111'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2
DPIR
        MOVLW       B'00010111'
        MOVWF       C_ORDENADA
        MOVLW       .1
        MOVWF       TARRANQUE
        GOTO        FIN2
```

```
YDSD
            MOVLW       .2
            MOVWF       TARRANQUE
            MOVLW       .1
            MOVWF       ARRANQUEYD
            GOTO        FIN2

YDSI
            MOVLW       .2
            MOVWF       TARRANQUE
            MOVLW       .2
            MOVWF       ARRANQUEYD
            GOTO        FIN2

YDPD
            MOVLW       .2
            MOVWF       TARRANQUE
            MOVLW       .3
            MOVWF       ARRANQUEYD
            GOTO        FIN2

YDPI
            MOVLW       .2
            MOVWF       TARRANQUE
            MOVLW       .4
            MOVWF       ARRANQUEYD
            GOTO        FIN2


FIN2        MOVF        OPCODE,W
            SUBWF       OPCODEANT,W
            BZ          J7
            CLRF        PORTB
            CALL        TEMPORIZADOR_4
            MOVF        PORTD,W
            MOVWF       TEMPORALREG_3
            MOVF        TEMPORALREG_3,F
            BNZ         INERROR_2

J7          MOVF        INTERPC,F
            BNZ         J5
            MOVLW       .1
            MOVWF       INFLAG
```

```
                RETFIE

J5              MOVF            ARRANQUEYD,F
                BZ              SINPC
                MOVF            INICIO,F
                BZ              SINPC
                RETURN

;RUTINA PARA ARRANQUES DIRECTOS
DIR_COMUN
                MOVLW           .1
                MOVWF           INICIO
                BSF             C_ORDENADA_2,7
                MOVF            C_ORDENADA,W
                MOVWF           PORTB
                BSF             PORTA,0
                MOVF            RROTDEV1,F
                SKPZ
                BSF             PORTA,2
                MOVF            RROTDEV2,F
                SKPZ
                BSF             PORTA,1
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            CHECKX
                MOVF            R_ERROR,F
                BZ              NOERROR
                GOTO            INERROR_2

;RUTINA DE PROCESAMIENTO DE ERRORES
INERROR_2
                CLRF            PORTA
                CLRF            PORTB
                MOVF            INTERPC,F
                BNZ             MOSTRAR_ERROR
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                MOVF            INTERPC,F
                BNZ             J1
                CALL            TRANSMISION_SET_UP
                CALL            TXDATOS
                MOVF            C_EJECUTADA,W
                MOVWF           C_ORDENADA
                MOVF            C_EJECUTADA_2,W
```

```
                MOVWF           C_ORDENADA_2
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TRANSMISION_SET_UP
                CALL            TXDATOS
                MOVLW           .255
                MOVWF           TARRANQUE
J1              CLRF            R_ERROR
                GOTO            PROGRAMA

NOERROR
                MOVF            INTERPC,F
                BNZ             J6
                CALL            TRANSMISION_SET_UP
                CALL            TXDATOS
                CALL            RECEPCION_SET_UP
                MOVF            ARRANQUEYD,F
                SKPNZ
                GOTO            PC_INTER
                RETURN

J6              MOVF            ARRANQUEYD,F
                SKPNZ
                GOTO            ESPERAR
                RETURN

;RUTINA PARA ARRANQUES CON RESISTENCIAS
R_COMUN
                MOVLW           .1
                MOVWF           INICIO
                BCF             C_ORDENADA_2,7   ;C9
                CLRF            TARRANQUE
                BCF             PORTA,0
                MOVF            TIMER1,F
                BZ              NOR1
L20             MOVF            C_ORDENADA,W
                MOVWF           PORTB
                MOVF            RROTDEV1,F
                SKPZ
                BSF             PORTA,2
                MOVF            RROTDEV2,F
                SKPZ
                BSF             PORTA,1
                CALL            TEMPORIZADOR_3
```

```
                CALL    TEMPORIZADOR_3
                CALL    CHECKX
                MOVF    R_ERROR,F
                BZ      NOERROR_2
                GOTO    INERROR_2

NOERROR_2
                MOVF    INTERPC,F
                BNZ     J2
                CALL    TRANSMISION_SET_UP
                CALL    TXDATOS
J2              MOVF    TIMER1,W
                MOVWF   TEMPOX
                MOVF    TIMER1,F
                SKPZ
                CALL    TEMPORIZADOR_1
                BSF     C_ORDENADA,5
                MOVF    C_ORDENADA,W
                MOVWF   PORTB
                CALL    TEMPORIZADOR_3
                CALL    TEMPORIZADOR_3
                CALL    CHECKX
                MOVF    R_ERROR,F
                BZ      NOERROR_3
                GOTO    INERROR_2

NOERROR_3
                MOVF    INTERPC,F
                BNZ     J3
                CALL    TXDATOS
                NOP
J3              MOVF    STOPLOG,F
                BNZ     KLI
                MOVF    TIMER2,F
                BZ      NOR2
                MOVF    TIMER2,W
                MOVWF   TEMPOX
                MOVF    TIMER2,F
                SKPZ
                CALL    TEMPORIZADOR_1
L21             BSF     C_ORDENADA_2,7
                BSF     PORTA,0
                CALL    TEMPORIZADOR_3
                CALL    TEMPORIZADOR_3
```

```
                CALL            CHECKX
                MOVF            R_ERROR,F
                BZ              NOERROR_4
                GOTO            INERROR_2

KLI             BCF             C_ORDENADA_2,7
                BCF             PORTA,0
                GOTO            NOERROR_4

NOERROR_4
                MOVF            INTERPC,F
                BNZ             ESPERAR
                CALL            TXDATOS
                CALL            RECEPCION_SET_UP
                GOTO            PC_INTER

NOR1
                BSF             C_ORDENADA,5
                GOTO            L20

NOR2
                BSF             C_ORDENADA_2,7
                GOTO            L21

;RUTINAS PARA ARRANQUES YE-DELTA
YD_COMUN
                MOVLW           .1
                MOVWF           INICIO
                MOVLW           .1
                SUBWF           ARRANQUEYD,W
                BZ              YDSD2
                MOVLW           .2
                SUBWF           ARRANQUEYD,W
                BZ              YDSI2
                MOVLW           .3
                SUBWF           ARRANQUEYD,W
                BZ              YDPD2
                MOVLW           .4
                SUBWF           ARRANQUEYD,W
                BZ              YDPI2

YDSD2
```

```
            CALL    YSD
            CALL    DIR_COMUN
            MOVF    TIMEYD,W
            MOVWF   TEMPOX
            CALL    TEMPORIZADOR_1
            CLRF    PORTB
            CALL    TEMPORIZADOR_4
            MOVF    PORTD,W
            MOVWF   TEMPORALREG_3
            MOVF    TEMPORALREG_3,F
            BNZ     INERROR_2
            CALL    DSD
            CALL    DIR_COMUN
            CLRF    ARRANQUEYD
            CLRF    TARRANQUE
            CLRF    INFLAG
            MOVF    INTERPC,F
            BNZ     ESPERAR
            GOTO    PC_INTER
YDSI2
            CALL    YSI
            CALL    DIR_COMUN
            MOVF    TIMEYD,W
            MOVWF   TEMPOX
            CALL    TEMPORIZADOR_1
            CLRF    PORTB
            CALL    TEMPORIZADOR_4
            MOVF    PORTD,W
            MOVWF   TEMPORALREG_3
            MOVF    TEMPORALREG_3,F
            BNZ     INERROR_2
            CALL    DSI
            CALL    DIR_COMUN
            CLRF    ARRANQUEYD
            CLRF    TARRANQUE
            CLRF    INFLAG
            MOVF    INTERPC,F
            BNZ     ESPERAR
            GOTO    PC_INTER

YDPD2
            CALL    YPD
            CALL    DIR_COMUN
            MOVF    TIMEYD,W
```

```
                MOVWF           TEMPOX
                CALL            TEMPORIZADOR_1
                CLRF            PORTB
                CALL            TEMPORIZADOR_4
                MOVF            PORTD,W
                MOVWF           TEMPORALREG_3
                MOVF            TEMPORALREG_3,F
                BNZ             INERROR_2
                CALL            DPD
                CALL            DIR_COMUN
                CLRF            ARRANQUEYD
                CLRF            TARRANQUE
                CLRF            INFLAG
                MOVF            INTERPC,F
                BNZ             ESPERAR
                GOTO            PC_INTER
YDPI2
                CALL            YPI
                CALL            DIR_COMUN
                MOVF            TIMEYD,W
                MOVWF           TEMPOX
                CALL            TEMPORIZADOR_1
                CLRF            PORTB
                CALL            TEMPORIZADOR_4
                MOVF            PORTD,W
                MOVWF           TEMPORALREG_3
                MOVF            TEMPORALREG_3,F
                BNZ             INERROR_2
                CALL            DPI
                CALL            DIR_COMUN
                CLRF            ARRANQUEYD
                CLRF            TARRANQUE
                CLRF            INFLAG
                MOVF            INTERPC,F
                BNZ             ESPERAR
                GOTO        PC_INTER

;TEMPORIZADOR PROGRAMABLE DE SEGUNDOS
;VARIABLE TEMPO DEFINE LOS SEGUNDOS A TEMPORIZAR
TEMPORIZADOR_1
                CLRF            TEMPORALREG_1
                CLRF            TEMPO
LA2             CLRF            TMR0
LA1             CALL            CHECKX
```

```
                MOVF        R_ERROR,F
                BNZ         INERROR_2
                BTFSS       INTCON,2
                GOTO        LA1
                BCF         INTCON,2
                INCF        TEMPO
                MOVLW       .38
                SUBWF       TEMPO,W
                BZ          LA3
                GOTO        LA2
LA3
                INCF        TEMPORALREG_1
                MOVF        TEMPOX,W
                SUBWF       TEMPORALREG_1,W
                SKPNZ
                RETURN
                CLRF        TEMPO
                GOTO        LA2

;TEMPORIZACIÓN FIJA
TEMPORIZADOR_2
                CLRF        TEMPO
                CLRF        TMR0
L4
                BTFSS       INTCON,2
                GOTO        L4
                BCF         INTCON,2
                INCF        TEMPO
                MOVLW       .3
                SUBWF       TEMPO,W
                BZ          L5
                CLRF        TMR0
                GOTO        L4
L5
                RETURN

;TEMPORIZACIÓN FIJA
TEMPORIZADOR_3
                CLRF        TEMPO
                CLRF        TMR0
LE4             BTFSS       INTCON,2
                GOTO        LE4
                BCF         INTCON,2
                INCF        TEMPO
```

```
                MOVLW           .5
                SUBWF           TEMPO,W
                BZ              LE5
                CLRF            TMR0
                GOTO            LE4
LE5
                RETURN

;TEMPORIZACIÓN FIJA
TEMPORIZADOR_4
                CLRF            TEMPO
                CLRF            TMR0
LT4             BTFSS           INTCON,2
                GOTO            LT4
                BCF             INTCON,2
                INCF            TEMPO
                MOVLW           .2
                SUBWF           TEMPO,W
                BZ              LT5
                CLRF            TMR0
                GOTO            LT4
LT5
                RETURN


;PREPARA AL USART PARA LA TRANSMISIÓN
;A 9600 BAUDIOS, 8 BITS DE DATOS
;1 BIT DE INICIO, 1 BIT DE PARADA
;SIN PARIDAD NI CONTROL DE FLUJO.

TRANSMISION_SET_UP
                BCF             STATUS,RP0
                BCF             RCSTA,CREN
                BSF             STATUS,RP0
                MOVLW           .64
                MOVWF           SPBRG
                BCF             TXSTA,SYNC
                BSF             TXSTA,BRGH
                BSF             TXSTA,TXEN
                BCF             STATUS,RP0
                BSF             RCSTA,SPEN
                RETURN

;PREPARA AL USART PARA LA RECEPCIÓN
```

```
;A 9600 BAUDIOS, 8 BITS DE DATOS
;1 BIT DE INICIO, 1 BIT DE PARADA
;SIN PARIDAD NI CONTROL DE FLUJO.
RECEPCION_SET_UP
                BSF             STATUS,RP0
                BCF             STATUS,RP1
                MOVLW           .64
                MOVWF           SPBRG
                BCF             TXSTA,SYNC
                BSF             TXSTA,BRGH
                BCF             STATUS,RP0
                BSF             RCSTA,SPEN
                BSF             RCSTA,CREN
                RETURN

;RUTINAS PARA CONFIGURAR VARIABLES
;DE OPERACIÓN
CONFIGURACION
                CLRF            INFLAG
                CLRF            TARRANQUE

;VERIFICA SI HAY COMUNICACIÓN FIABLE
;CON EL PIC
PICCOM
                MOVLW           .47
                SUBWF           INTER2,W
                BNZ             STOP
                CALL            TRANSMISION_SET_UP
                CALL            TEMPORIZADOR_2
                CALL            TEMPORIZADOR_2
                MOVLW           .200
                MOVWF           TXREG
OKTX            BTFSS           PIR1,TXIF
                GOTO            OKTX
                BANKSEL         TXSTA
OKTX2           BTFSS           TXSTA,TRMT
                GOTO            OKTX2
                BCF             STATUS,RP0
                CALL            RECEPCION_SET_UP
                CLRF            TARRANQUE
                GOTO            CONFBACK

STOP
                MOVLW           .55
```

```
                SUBWF           INTER2,W
                BNZ             DEF_TIME_R1
                MOVLW           .100
                MOVWF           STOPLOG
                CLRF            TARRANQUE
                GOTO            CONFBACK

;DEFINE EL TIEMPO PARA LA RESISTENCIA 1
DEF_TIME_R1
                MOVLW           .63
                SUBWF           INTER2,W
                BZ              DEFTIMER1
                GOTO            DEF_TIME_R2

;DEFINE EL TIEMPO PARA LA RESISTENCIA 2
DEF_TIME_R2
                MOVLW           .62
                SUBWF           INTER2,W
                BZ              DEFTIMER2
                GOTO            DEF_TIME_YD

;DEFINE EL TIEMPO PARA EL CAMBIO DE YE A DELTA
DEF_TIME_YD
                MOVLW           .61
                SUBWF           INTER2,W
                BZ              DEFTIMEYD
                GOTO            ROTORDEV

;DEFINE CUÁNTAS RESISTENCIAS SE LE CONECTARÁN
;AL ROTOR DEVANADO
ROTORDEV
                MOVLW           .58
                SUBWF           INTER2,W
                BZ              ROTORDEVANADO
                GOTO            RESET

ROTORDEVANADO
                MOVF            INTER3,W
                MOVWF           ROTDEVAN
                MOVLW           .1
                SUBWF           ROTDEVAN,W
                BZ              R_ROTDEV_1
                MOVLW           .2
                SUBWF           ROTDEVAN,W
```

```
                BZ              R_ROTDEV_2
                MOVLW           .3
                SUBWF           ROTDEVAN,W
                BZ              R_ROTDEV_12
                CLRF            RROTDEV1
                CLRF            RROTDEV2
                BCF             PORTA,1
                BCF             PORTA,2
                GOTO            V1

R_ROTDEV_1
                MOVLW           .64             ;RC6
                MOVWF           RROTDEV1
                BSF             PORTA,2
                BSF             C_ORDENADA_2,6
                BCF             PORTA,1
                BCF             C_ORDENADA_2,5
                CLRF            RROTDEV2
                GOTO            V1
R_ROTDEV_2
                MOVLW           .32             ;RC5
                MOVWF           RROTDEV2
                BSF             PORTA,1
                BSF             C_ORDENADA_2,5
                BCF             PORTA,2
                BCF             C_ORDENADA_2,6
R_ROTDEV_12
                MOVLW           .64
                MOVWF           RROTDEV1
                MOVLW           .32
                MOVWF           RROTDEV2
                CLRF            RROTDEV1
                BSF             PORTA,1
                BSF             C_ORDENADA_2,5
                BSF             PORTA,2
                BSF             C_ORDENADA_2,6
                GOTO            V1

V1
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CLRF            TARRANQUE
                GOTO            CONFBACK
```

```
;DEFINE LOS TIEMPOS PARA LAS RESISTENCIAS
DEFTIMER1
            MOVF        INTER3,W
            MOVWF       TIMER1
            CALL        TEMPORIZADOR_3
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        CONFBACK

DEFTIMER2
            MOVF        INTER3,W
            MOVWF       TIMER2
            CALL        TEMPORIZADOR_3
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        CONFBACK

DEFTIMEYD
            MOVF        INTER3,W
            MOVWF       TIMEYD
            CALL        TEMPORIZADOR_3
            CLRF        TARRANQUE
            GOTO        CONFBACK


;HACE UN RESET POR SOFTWARE
RESET
            MOVLW       .60
            SUBWF       INTER2,W
            SKPZ
            GOTO        MAQ_DC_ON
            CALL        TEMPORIZADOR_3
            CLRF        PORTB
            CLRF        PORTC
            CLRF        PORTA
            CLRF        OPCODE
            CLRF        OPCODEANT
            NOP
            GOTO        PROGRAMA

MAQ_DC_ON
            MOVLW       .242
            SUBWF       INTER2,W
            SKPZ
            GOTO        MAQ_DC_OFF
            BSF         C_ORDENADA_2,4
```

```
                BSF             PORTA,3
                GOTO            CONFBACK

MAQ_DC_OFF
                MOVLW           .243
                SUBWF           INTER2,W
                SKPZ
                GOTO            PROGRAMA
                BCF             C_ORDENADA_2,4
                BCF             PORTA,3
                GOTO            CONFBACK


;RUTINA QUE MUESTRA MENSAJE DE ERROR
;EN LA LCD.
TABLA3          MOVLW           0x06
                MOVWF           PCLATH
                MOVLW           0xAA
                SUBWF           PARAMETRO,W
                ADDWF           PCL

MENSAJE_16
                RETLW           ' '
                RETLW           ' '
                RETLW           ' '
                RETLW           ' '
                RETLW           'E'
                RETLW           'R'
                RETLW           'R'
                RETLW           'O'
                RETLW           'R'
                RETLW           0x00

MOSTRAR_ERROR
                BSF             PORTC,4
                BCF             PORTC,5
                MOVLW           MENSAJE_16
                BZ              MOSTRAR_MENSAJE_3

MOSTRAR_MENSAJE_3
                MOVWF           PARAMETRO
KI2             CALL            TABLA3
                MOVWF           DATO_D
                MOVF            DATO_D,F
```

```
                BZ              ESPERAR2
                CALL            LCD_DATOS
                INCF            PARAMETRO
                GOTO            KI2

ESPERAR2
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            BORRAR
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                CALL            TEMPORIZADOR_3
                MOVF            PORTA,W
                MOVWF           TECLADOIN
                BTFSS           TECLADOIN,4
                GOTO            MOSTRAR_ERROR
                GOTO            PROGRAM


;LLAMADAS A MACROS
CHECKX
                CHECK_CONEXION
                RETURN
TXDATOS
                TX_DATOS
                RETURN



        END
```

```
PIC_CONF    MACRO

;CONFIGURACION INICIAL DEL PIC PARA TECLADO Y PANTALLA LCD
            BCF         STATUS,RP0
            CLRF        PORTA
            CLRF        PORTB
            CLRF        PORTC
            CLRF        PORTD
            CLRF        PORTE
            MOVLW       B'11000000'
            MOVWF       INTCON
            BSF         STATUS,RP0
            MOVLW       B'00100000'
            MOVWF       PIE1
            MOVLW       0x30
            MOVWF       TRISA
            CLRF        TRISB
            MOVLW       0xCF
            MOVWF       TRISC
            MOVLW       0xFF
            MOVWF       TRISD
            MOVLW       0x03
            MOVWF       TRISE

; CONFIGURACION DEL TMR0
            MOVLW       B'00000111'
            MOVWF       OPTION_REG


;configuración del modulo analógico / digital
            BCF         STATUS,RP0
            MOVLW       .1
            MOVWF       INTERPC
            BSF         STATUS,RP0
            MOVLW       B'00000110'
            MOVWF       ADCON1
            BCF         STATUS,RP0
            CLRF        OPCODE
            CLRF        OPCODEANT
            CLRF        TEMPORALREG_1
            CLRF        TEMPORALREG_2
            CLRF        TEMPORALREG_3
            CLRF        TEMPORALREG_4
            CLRF        TEMPO
```

```
CLRF            TEMPOX
CLRF            ARRANCO
CLRF            TARRANQUE
CLRF            C_ORDENADA
CLRF            C_ORDENADA_2
CLRF            C_EJECUTADA
CLRF            C_EJECUTADA_2
CLRF            RROTDEV1
CLRF            RROTDEV2
CLRF            SALIDA
CLRF            ARRANQUEYD
CLRF            PORTB
CLRF            PORTA
CLRC

ENDM
```

```
TECLCD          MACRO

                GOTO            MENU_INICIAL
TABLA           MOVLW           0x00
                MOVWF           PCLATH
                MOVLW           0X3E
                SUBWF           PARAMETRO,W
                ADDWF           PCL

MENSAJE_1
                RETLW       'K'
                RETLW       'A'
                RETLW       'T'
                RETLW       'O'
                RETLW       ' '
                RETLW       'C'
                RETLW       'O'
                RETLW       'N'
                RETLW       'T'
                RETLW       'R'
                RETLW       'O'
                RETLW       'L'
                RETLW       0x00

MENSAJE_2_1
                RETLW       'T'
                RETLW       'I'
                RETLW       'P'
                RETLW       'O'
                RETLW       ' '
                RETLW       'D'
                RETLW       'E'
                RETLW       ' '
                RETLW       'A'
                RETLW       'R'
                RETLW       'R'
                RETLW       'A'
                RETLW       'N'
                RETLW       'Q'
                RETLW       'U'
                RETLW       'E'
                RETLW       ':'
                RETLW       0x00
```

```
MENSAJE_2_2
                RETLW   '1'
                RETLW   ')'
                RETLW   'D'
                RETLW   'I'
                RETLW   'R'
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
                RETLW   '2'
                RETLW   ')'
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   ' '
                RETLW   'R'
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
                RETLW   '3'
                RETLW   ')'
                RETLW   'Y'
                RETLW   'D'
                RETLW   0x00

MENSAJE_3_1
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   'E'
                RETLW   'X'
                RETLW   'I'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   ':'
                RETLW   0x00

MENSAJE_3_2
                RETLW   '1'
                RETLW   ')'
                RETLW   'Y'
                RETLW   'E'
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
```

```
                RETLW   ' '
                RETLW   '2'
                RETLW   ')'
                RETLW   'D'
                RETLW   'E'
                RETLW   'L'
                RETLW   'T'
                RETLW   'A'
                RETLW   0x00

MENSAJE_4_1
                RETLW   'B'
                RETLW   'O'
                RETLW   'B'
                RETLW   'I'
                RETLW   'N'
                RETLW   'A'
                RETLW   'S'
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
                RETLW   'E'
                RETLW   'N'
                RETLW   ':'
                RETLW   0x00

MENSAJE_4_2
                RETLW   '1'
                RETLW   ')'
                RETLW   'S'
                RETLW   'E'
                RETLW   'R'
                RETLW   'I'
                RETLW   'E'
                RETLW   ' '
                RETLW   ' '
                RETLW   '2'
                RETLW   ')'
                RETLW   'P'
                RETLW   'A'
                RETLW   'R'
                RETLW   'A'
                RETLW   'L'
                RETLW   'E'
                RETLW   'L'
```

```
                RETLW   'O'
                RETLW   0x00

MENSAJE_5
                RETLW   'R'
                RETLW   ' '
                RETLW   'D'
                RETLW   'E'
                RETLW   ' '
                RETLW   'C'
                RETLW   'A'
                RETLW   'M'
                RETLW   'B'
                RETLW   'I'
                RETLW   'O'
                RETLW   ' '
                RETLW   'D'
                RETLW   'E'
                RETLW   ' '
                RETLW   'G'
                RETLW   'I'
                RETLW   'R'
                RETLW   'O'
                RETLW   ':'
                RETLW   0x00

MENSAJE_6_1
                RETLW   'S'
                RETLW   'E'
                RETLW   'N'
                RETLW   'T'
                RETLW   'I'
                RETLW   'D'
                RETLW   'O'
                RETLW   ' '
                RETLW   'D'
                RETLW   'E'
                RETLW   ' '
                RETLW   'G'
                RETLW   'I'
                RETLW   'R'
                RETLW   'O'
                RETLW   ':'
                RETLW   0x00
```

```
MENSAJE_6_2
        RETLW   '1'
        RETLW   ')'
        RETLW   'D'
        RETLW   'E'
        RETLW   'R'
        RETLW   '.'
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   '2'
        RETLW   ')'
        RETLW   'I'
        RETLW   'Z'
        RETLW   'Q'
        RETLW   '.'
        RETLW   0x00

MENSAJE_7
        RETLW   'D'
        RETLW   'E'
        RETLW   'S'
        RETLW   'C'
        RETLW   'O'
        RETLW   'N'
        RETLW   'E'
        RETLW   'C'
        RETLW   'T'
        RETLW   'A'
        RETLW   'R'
        RETLW   ' '
        RETLW   'R'
        RETLW   '1'
        RETLW   ' '
        RETLW   'E'
        RETLW   'N'
        RETLW   ':'
        RETLW   0x00
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
```

```
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP

TABLA_2
                MOVLW       0x01
                MOVWF       PCLATH
                MOVLW       0x09
                SUBWF       PARAMETRO,W
                ADDWF       PCL

MENSAJE_8
                RETLW       'D'
                RETLW       'E'
                RETLW       'S'
                RETLW       'C'
                RETLW       'O'
                RETLW       'N'
                RETLW       'E'
                RETLW       'C'
                RETLW       'T'
                RETLW       'A'
                RETLW       'R'
                RETLW       ' '
                RETLW       'R'
                RETLW       '2'
                RETLW       ' '
                RETLW       'E'
                RETLW       'N'
                RETLW       ':'
                RETLW       0x00

MENSAJE_9
                RETLW       'C'
                RETLW       'A'
                RETLW       'M'
                RETLW       'B'
                RETLW       'I'
                RETLW       'O'
```

```
                RETLW   ' '
                RETLW   'Y'
                RETLW   'E'
                RETLW   '-'
                RETLW   'D'
                RETLW   'E'
                RETLW   'L'
                RETLW   'T'
                RETLW   'A'
                RETLW   ' '
                RETLW   'E'
                RETLW   'N'
                RETLW   ':'
                RETLW   0x00

MENSAJE_10
                RETLW   'S'
                RETLW   'E'
                RETLW   'G'
                RETLW   'U'
                RETLW   'N'
                RETLW   'D'
                RETLW   'O'
                RETLW   'S'
                RETLW   0x00

MENSAJE_11_1
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   'E'
                RETLW   'X'
                RETLW   'I'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   ' '
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   ' '
                RETLW   'P'
                RETLW   'C'
                RETLW   '?'
                RETLW   0x00
```

```
MENSAJE_11_2
        RETLW   '1'
        RETLW   ')'
        RETLW   'S'
        RETLW   'I'
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   ' '
        RETLW   '2'
        RETLW   ')'
        RETLW   'N'
        RETLW   'O'
        RETLW   0x00

MENSAJE_12
        RETLW   'F'
        RETLW   'U'
        RETLW   'N'
        RETLW   'C'
        RETLW   'I'
        RETLW   'O'
        RETLW   'N'
        RETLW   'A'
        RETLW   'N'
        RETLW   'D'
        RETLW   'O'
        RETLW   0x00

MENSAJE_13
        RETLW   'I'
        RETLW   'N'
        RETLW   'T'
        RETLW   'E'
        RETLW   'R'
        RETLW   'F'
        RETLW   'A'
        RETLW   'S'
        RETLW   'E'
        RETLW   ' '
```

```
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   ' '
                RETLW   'P'
                RETLW   'C'
                RETLW   0x00

MENSAJE_14
                RETLW   'E'
                RETLW   'R'
                RETLW   'R'
                RETLW   'O'
                RETLW   'R'
                RETLW   ' '
                RETLW   '1'
                RETLW   0x00

MENSAJE_15
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   'T'
                RETLW   'R'
                RETLW   'O'
                RETLW   'L'
                RETLW   ' '
                RETLW   'C'
                RETLW   'O'
                RETLW   'N'
                RETLW   ' '
                RETLW   'P'
                RETLW   'C'
                RETLW   0x00


MENU_INICIAL
                BCF             STATUS,RP0
                CLRF            INTER1
                CLRF            INTER2
                CLRF            INTER3
                CLRF            TIMER1
                CLRF            TIMER2
                CLRF            TIMEYD
```

```
                BSF             PORTC,4
                BCF             PORTC,5
                MOVF            INTERPC,F
                BZ              PRE_OPERA
                CLRF            INTERPC
                BCF             PORTA,2
                BCF             PORTA,0
                CALL            LCD_INI
                MOVLW           b'00001100'
                CALL            LCD_REG
                MOVLW           b'00000001'
                CALL            LCD_REG
                MOVLW           MENSAJE_1
                CALL            MOSTRAR_MENSAJE

TECLADO
                MOVF            PORTA,W
                MOVWF           TECLADOIN
                BTFSC           TECLADOIN,4
                GOTO            INTERFASE
                GOTO            TECLADO

INTERFASE
                CLRF            INTERPC
                CALL            SOLTAR
                CALL            BORRAR
                MOVLW           MENSAJE_11_1
                CALL            MOSTRAR_MENSAJE_2
                MOVLW           B'11000000'
                CALL            LCD_REG
                MOVLW           MENSAJE_11_2
                CALL            MOSTRAR_MENSAJE_2
IUO             MOVF            PORTA,W
                MOVWF           TECLADOIN
                BTFSC           TECLADOIN,4
                GOTO            PRE_OPERA
                BTFSC           TECLADOIN,5
                GOTO            TECLAUNO
                GOTO            IUO

TECLAUNO
                CALL            SOLTAR
                CALL            BORRAR
                CLRF            RESISTENCIAS
```

```
            MOVLW       MENSAJE_2_1
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
            MOVLW       B'11000000'
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_2_2
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
T1          MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        MENU_3
            BTFSC       TECLADOIN,5
            GOTO        MENU_7
            MOVF        PORTE,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,0
            GOTO        MENU_9
            GOTO        T1

MENU_3
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       MENSAJE_3_1
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
            MOVLW       B'11000000'
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_3_2
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
T2          MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        SYE
            BTFSC       TECLADOIN,5
            GOTO        SDE
            GOTO        T2

SYE
            MOVF        RESISTENCIAS,F
            BZ          NORESISTENCIAS
            MOVLW       .4
            MOVWF       SALIDA
            GOTO        MENU_4

NORESISTENCIAS
            CLRF        RESISTENCIAS
```

```
                MOVLW       .1
                MOVWF       SALIDA
                GOTO        MENU_4
SDE
                MOVF        RESISTENCIAS,F
                BZ          NORESISTENCIAS_2
                MOVLW       .5
                MOVWF       SALIDA
                GOTO        MENU_4

NORESISTENCIAS_2
                CLRF        RESISTENCIAS
                MOVLW       .2
                MOVWF       SALIDA
                GOTO        MENU_4

SOLTAR
                MOVF        PORTA,W
                MOVWF       TECLADOIN
                MOVLW       B'11000000'
                ANDWF       TECLADOIN,F
                MOVF        TECLADOIN,F
                SKPZ
                GOTO        SOLTAR
                MOVF        PORTE,W
                MOVWF       TECLADOIN
                MOVLW       B'011'
                ANDWF       TECLADOIN,F
                MOVF        TECLADOIN,F
                SKPZ
                GOTO        SOLTAR
                RETURN

MENU_4
                CALL        SOLTAR
                CALL        BORRAR
                MOVLW       MENSAJE_4_1
                CALL        MOSTRAR_MENSAJE
                MOVLW       B'11000000'
                CALL        LCD_REG
                MOVLW       MENSAJE_4_2
                CALL        MOSTRAR_MENSAJE
T3              MOVF        PORTA,W
                MOVWF       TECLADOIN
```

```
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        SSERIE
            BTFSC       TECLADOIN,5
            GOTO        SPARALELO
            GOTO        T3
SSERIE
            MOVLW       .0
            ADDWF       SALIDA,F
            GOTO        MENU_5
SPARALELO
            MOVLW       .32
            ADDWF       SALIDA,F
            GOTO        MENU_5

MENU_5
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       MENSAJE_5
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
            CLRF        TIEMPOCG
            CLRF        TIEMPOCG_2
            CLRF        TIEMPOCG_3
LOP3        MOVLW       0xC5
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       .10
            SUBWF       TIEMPOCG,W
            BZ          MAYOR
LOP2        MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOCG,W
            CALL        LCD_DATOS
            MOVLW       0xC7
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_10
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
LOP         MOVF        PORTE,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,0
            GOTO        PLUS
            MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        MENU_6
            GOTO        LOP
```

```
PLUS
            CALL        SOLTAR
            INCF        TIEMPOCG
            INCF        TIEMPOCG_3,F
            GOTO        LOP3
MAYOR
            MOVLW       0xC4
            CALL        LCD_REG
            INCF        TIEMPOCG_2,F
            MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOCG_2,W
            CALL        LCD_DATOS
            CLRF        TIEMPOCG
            GOTO        LOP3


MENU_6
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       MENSAJE_6_1
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
            MOVLW       B'11000000'
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_6_2
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
T4          MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        SDER
            BTFSC       TECLADOIN,5
            GOTO        SIZQ
            GOTO        T4
SDER
            MOVLW       .16
            ADDWF       SALIDA,F
            MOVF        SALIDA,W
            MOVWF       OPCODE
            GOTO        FUNCIONANDO
SIZQ
            MOVLW       .0
            ADDWF       SALIDA,F
            MOVF        SALIDA,W
            MOVWF       OPCODE
            GOTO        FUNCIONANDO
```

```
MENU_7
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       .1
            MOVWF       RESISTENCIAS
            MOVLW       MENSAJE_7
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE
            CLRF        TIEMPOR1L
            CLRF        TIEMPOR1H
LOPP3       MOVLW       0xC5
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       .10
            SUBWF       TIEMPOR1L,W
            BZ          MAYOR2
LOPP2       MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOR1L,W
            CALL        LCD_DATOS
            MOVLW       0xC7
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_10
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
LOPP        MOVF        PORTE,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,0
            GOTO        PLUS2
            MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        MENU_8
            GOTO        LOPP

PLUS2
            CALL        SOLTAR
            INCF        TIEMPOR1L,F
            INCF        TIMER1,F
            GOTO        LOPP3
MAYOR2
            MOVLW       0xC4
            CALL        LCD_REG
            INCF        TIEMPOR1H,F
            MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOR1H,W
            CALL        LCD_DATOS
            CLRF        TIEMPOR1L
```

```
            GOTO        LOPP3

MENU_8
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       MENSAJE_8
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
            CLRF        TIEMPOR2L
            CLRF        TIEMPOR2H
OP3         MOVLW       0xC5
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       .10
            SUBWF       TIEMPOR2L,W
            BZ          MAYOR3
OP2         MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOR2L,W
            CALL        LCD_DATOS
            MOVLW       0xC7
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_10
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
OP          MOVF        PORTE,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,0
            GOTO        PLUS3
            MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        MENU_3
            GOTO        OP

PLUS3
            CALL        SOLTAR
            INCF        TIEMPOR2L,F
            INCF        TIMER2,F
            GOTO        OP3
MAYOR3
            MOVLW       0xC4
            CALL        LCD_REG
            INCF        TIEMPOR2H,F
            MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOR2H,W
            CALL        LCD_DATOS
            CLRF        TIEMPOR2L
```

```
            GOTO        OP3
MENU_9
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       .1
            MOVWF       YEDELTA
            MOVLW       .3
            MOVWF       SALIDA
            MOVLW       MENSAJE_9
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
            CLRF        TIEMPOYDL
            CLRF        TIEMPOYDH
LLOP3       MOVLW       0xC5
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       .10
            SUBWF       TIEMPOYDL,W
            BZ          MAYOR4
LLOP2       MOVLW       0x30
            ADDWF       TIEMPOYDL,W
            CALL        LCD_DATOS
            MOVLW       0xC7
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_10
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
LLOP        MOVF        PORTE,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,0
            GOTO        PLUS4
            MOVF        PORTA,W
            MOVWF       TECLADOIN
            BTFSC       TECLADOIN,4
            GOTO        MENU_4
            GOTO        LLOP

PLUS4
            CALL        SOLTAR
            INCF        TIEMPOYDL,F
            INCF        TIMEYD,F
            GOTO        LLOP3
MAYOR4
            MOVLW       0xC4
            CALL        LCD_REG
            INCF        TIEMPOYDH,F
            MOVLW       0x30
```

```
                ADDWF       TIEMPOYDH,W
                CALL        LCD_DATOS
                CLRF        TIEMPOYDL
                GOTO        LLOP3

MOSTRAR_MENSAJE
                MOVWF       PARAMETRO
KI              CALL        TABLA
                MOVWF       DATO_D
                MOVF        DATO_D,F
                SKPNZ
                RETURN
                CALL        LCD_DATOS
                INCF        PARAMETRO
                GOTO        KI

MOSTRAR_MENSAJE_2
                MOVWF       PARAMETRO
KII             CALL        TABLA_2
                MOVWF       DATO_D
                MOVF        DATO_D,F
                SKPNZ
                RETURN
                CALL        LCD_DATOS
                INCF        PARAMETRO
                GOTO        KII

BORRAR
                MOVLW       B'00000001'
                CALL        LCD_REG
                RETURN

LCD_BUSY
                NOP

L_BUSY
                CALL        TEMPORIZADOR_4
                BCF         PORTA,0
                BSF         STATUS,5
                CLRF        TRISB
                BCF         STATUS,5
                BCF         PORTA,1
                RETURN
```

```
LCD_E
            BSF         PORTA,0
            NOP
            BCF         PORTA,0
            RETURN

LCD_DATOS
            BCF         PORTA,2
            MOVWF       PORTB
            CALL        LCD_BUSY
            BSF         PORTA,2
            GOTO        LCD_E

LCD_REG
            BCF         PORTA,2
            MOVWF       PORTB
            CALL        LCD_BUSY
            GOTO        LCD_E

LCD_INI
            MOVLW       B'00111000'
            CALL        LCD_REG
            CALL        DELAY_5MS
             MOVLW      B'00111000'
            CALL        LCD_REG
            CALL        DELAY_5MS
            MOVLW       B'00111000'
            CALL        LCD_REG
            CALL        DELAY_5MS
            RETURN

DELAY_5MS
            CALL        TEMPORIZADOR_2
            RETURN

FUNCIONANDO
            CALL        SOLTAR
            CALL        BORRAR
            MOVLW       B'10000100'
            CALL        LCD_REG
            MOVLW       MENSAJE_12
            CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
            MOVLW       .1
```

```
                MOVWF       INTERPC
                CLRF        PORTB
                CLRF        PORTA
                CLRF        PORTC
                GOTO        FIN1


PRE_OPERA
                CALL        BORRAR
                MOVLW       MENSAJE_15
                CALL        MOSTRAR_MENSAJE_2
                CLRF        PORTB
                CLRF        PORTA
                CLRF        PORTC
                BSF         PORTC,5
                BCF         PORTC,4
                MOVLW       B'11000000'
                MOVWF       INTCON
                BSF         STATUS,RP0
                MOVLW       B'00100000'
                MOVWF       PIE1
                BCF         STATUS,RP0
                CALL        RECEPCION_SET_UP
FIN1
                NOP
                ENDM
```

```
TX_DATOS        MACRO

                CALL            TEMPORIZADOR_2
                CALL            TEMPORIZADOR_2
                MOVF            C_ORDENADA,W
                MOVWF           TXREG
NOTX            BTFSS           PIR1,TXIF
                GOTO            NOTX
                CALL            TEMPORIZADOR_2
                MOVF            C_ORDENADA_2,W
                MOVWF           TXREG
NOTX2           BTFSS           PIR1,TXIF
                GOTO            NOTX2
                CALL            TEMPORIZADOR_2
                MOVF            R_ERROR,W
                MOVWF           TXREG
NOTX3           BTFSS           PIR1,TXIF
                GOTO            NOTX3
                BANKSEL         TXSTA
NOTX4           BTFSS           TXSTA,TRMT
                GOTO            NOTX4
                BCF             STATUS,RP0

                ENDM
```

```
CHECK_CONEXION      MACRO

            MOVF        INICIO,F
            BZ          FIN3
            MOVF        PORTD,W
            MOVWF       C_EJECUTADA
            MOVF        PORTC,W
            MOVWF       C_EJECUTADA_2
            MOVLW       B'00001111'
            ANDWF       C_EJECUTADA_2,F
            SWAPF       C_EJECUTADA_2,F
            NOP
            NOP
            NOP
            MOVF        C_ORDENADA,W
            SUBWF       C_EJECUTADA,W
            BNZ         INERROR
            MOVF        C_ORDENADA_2,W
            SUBWF       C_EJECUTADA_2,W
            BNZ         INERROR
            MOVF        C_ORDENADA,W
            MOVWF       C_EJECUTADA
            MOVF        C_ORDENADA_2,W
            MOVWF       C_EJECUTADA_2
            CLRF        R_ERROR
            GOTO        FIN3

INERROR
            MOVLW       .1
            MOVWF       R_ERROR

FIN3
            NOP
      ENDM
```

10.2 Programa en LabView.

En las siguientes páginas se muestran todas las rutinas que conforman el programa en LabView las cuales hacen posible la adquisición de datos y el procesamiento de los mismos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El hardware de National Instruments provee gran precisión y velocidad para el acondicionamiento y adquisición de señales.

2.- LabView es una excelente herramienta de programación gráfica, muy versátil y adaptable a cualquier aplicación, permite acceso a los puertos del computador de una forma sencilla y confiable.

3.- Los microcontroladores pueden controlar confiablemente un sistema siempre y cuando su programación sea correcta y su circuito impreso sea de calidad, respetando las normas del diseño de circuitos impresos.

4.- La fase de prueba de un circuito en proto-board no debe alargarse demasiado, ya que el mismo proto-board introduce errores creando confusión y pérdida de tiempo en el desarrollo de un circuito.

5.- Los estudiantes se beneficiarán de este proyecto ya que podrán analizar profundamente la respuesta de las máquinas KATO, revisando las señales adquiridas y los circuitos equivalentes.

6.- Se aconseja que los estudiantes utilicen el sistema después de realizar las prácticas de forma manual, de esta forma tendrán más elementos de juicio para entender la información que muestran las pantallas de LabView.

7.- Se recomienda que los estudiantes utilicen los comandos de operación y de configuración de la tarjeta de control para realizar sus propios proyectos, en cualquier lenguaje de programación utilizando el puerto serial.

ANEXO B

CABLE SERIAL, TRANSDUCTORES Y OTROS ELEMENTOS UTILIZADOS

Cable serial: Existen diversas configuraciones o estructuras internas en los cables de comunicación serial, para el proyecto desarrollado se requiere que la estructura interna del cable sea compatible pin a pin entre el puerto de la PC y el puerto del tablero (COM1). La estructura correcta del cable es aquella que no es cruzada, es decir que el pin 1 de un extremo del cable corresponde al pin 1 del otro extremo y esto debe cumplirse para los 9 pines que tienen los conectores.

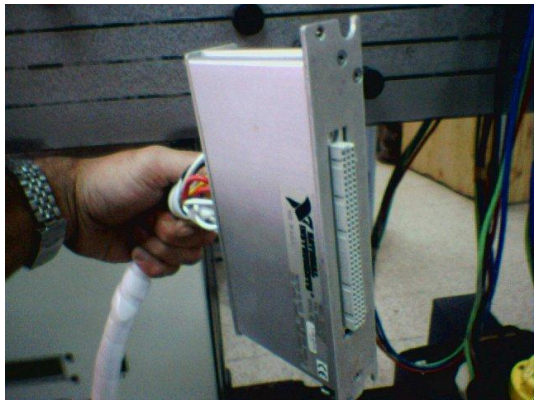
A continuación se muestra una foto del cable serial que se utiliza en el proyecto y el puerto del tablero del proyecto.

Transductores.- Los transductores que se utilizaron fueron: shunts para convertir la corriente de las fases en voltajes, un tacogenerador para medir la velocidad y el conector SCXI-1327 de NI para atenuar las señales de los voltajes de alimentación (el conector lo hace mediante divisores de voltaje).

- **Shunts.-** Se utilizaron 3 shunts para convertir cada corriente de fase en voltaje y de esta forma poder medirla con el SCXI-1120 que solo acepta señales de voltaje. Los shunts son pequeñas resistencias conectadas en serie con las líneas de alimentación, de los cuales se toma el voltaje en los extremos de dichas resistencias. La relación de transformación de los shunts utilizados es de 1 voltio por 1 amperio y el rango de funcionamiento es hasta 5 amperios (=5 voltios). A continuación se muestra la foto de uno de los shunts utilizados.

➢ **Tacogenerador.-** El tacogenerador utilizado se muestra a continuación y es el encargado de convertir la velocidad en una señal de voltaje. Su rango de voltaje es de –6 a +6 voltios correspondientes a 1800 revoluciones por minuto con giro a la izquierda o a la derecha.

➢ **Conector SCXI-1327.-** Este conector admite entradas de voltaje de hasta 250 Voltios RMS en cada canal. En su interior posee divisores de voltaje que atenúan las señales cien veces, estos divisores se habilitan para cada canal por medio de un interruptor por canal. A continuación se muestra una foto del conector mencionado.



- **Resistencias de poder.-** Se utilizaron 12 resistencias de poder para realizar los arranques con resistencias, cambios de giro y de velocidad en los rotores devanados. Cada resistencia es de 12 ohmios pero puede ser modificada cortando el alambre que contienen. Soportan hasta 10 amperios y fueron colocadas en boquillas de porcelana.

ANEXO C

TERMINALES Y TOMAS DEL TABLERO DE CONTROL

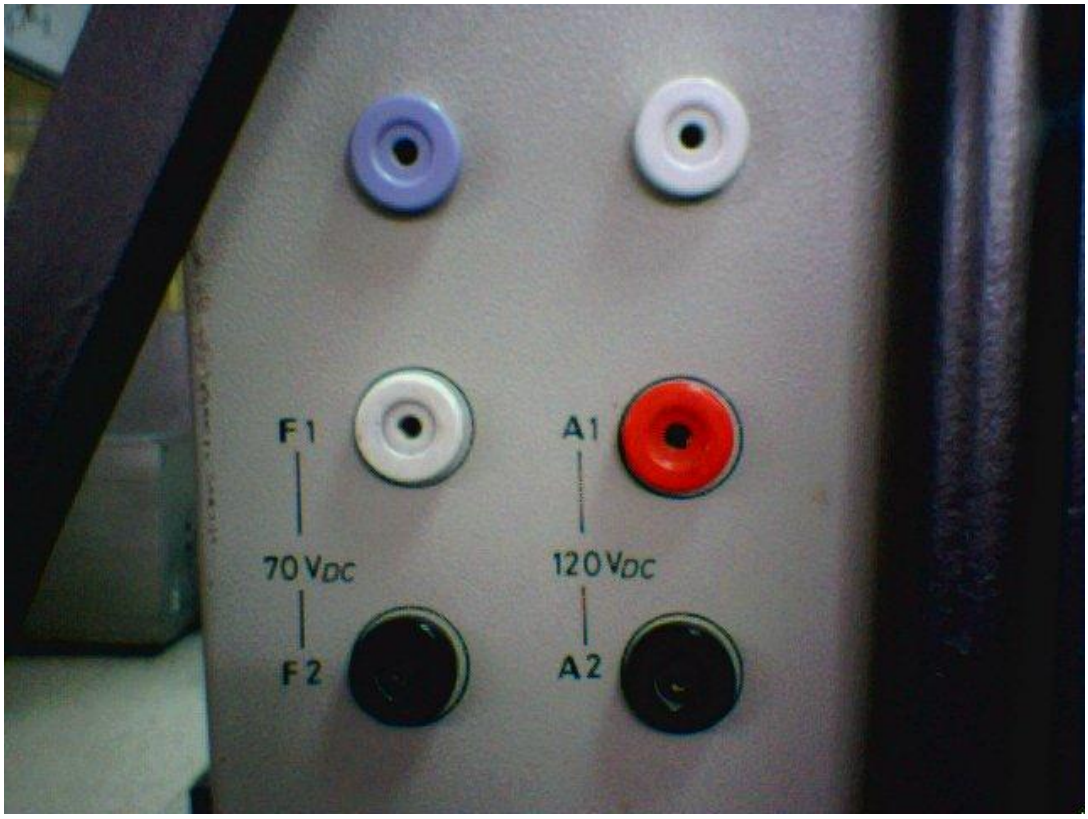
En este anexo se explicarán para qué sirven las tomas y terminales que se encuentran en un costado del tablero de control. Se presentarán fotos con la correspondiente explicación.

Conexión de bobinas y terminales DC.- En la siguiente foto se observan 6 terminales de diferentes colores, los cuales sirven para alimentar las bobinas de los contactores y alimentar el campo y el inducido de la máquina DC.

Los terminales celeste y blanco de la parte superior sirven para la alimentación de las bobinas (220 voltios), estos terminales deben conectarse siempre, de lo contrario los contactores no se energizarán nunca.

Los terminales blanco y negro del lado izquierdo, con las marcas F1 y F2 sirven para energizar el campo de la máquina DC con un voltaje de 70 Voltios DC. La conexión de estos terminales es opcional.

Los terminales rojo y negro del lado derecho, con las marcas A1 y A2 sirven para energizar la armadura (cuando funciona como motor) con 120 Voltios DC o para alimentar cargas externas (cuando funciona como generador). La conexión de estos terminales es opcional.



Terminales para las bobinas y la máquina DC

Tomas Trifásicas.- El sistema utiliza dos tomas trifásicas: una en el tablero y otra en un VARIAC. Las dos tomas sirven para conectar las 3 fases de alimentación a la máquina AC por medio de un cable trifásico.

A continuación se muestran las tomas trifásicas y el cable utilizado.

VARIAC

Toma en el tablero

Cable trifásico

Conector trifásico